

Unión Geofísica Mexicana, A.C.

# geos



unión geofísica mexicana a.c.

**Reunión Anual  
2008**

**Unión  
Geofísica  
Mexicana, A.C.**

Volumen 28

No. 2

Octubre de 2008

# GEOS

<http://www.ugm.org.mx/geos.html>

**BOLETÍN INFORMATIVO  
DE LA  
UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.**

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

**UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.  
Mesa Directiva 2008-2009**

**Dr. Julián Adem Chain**  
Presidente Honorario

**Dr. Oscar Campos Enríquez**  
Presidente

**Dr. José Manuel Romo Jones**  
Vicepresidente

**Dr. Xyoli Pérez Campos**  
Secretario General

**Dr. Víctor Manuel Wong Ortega**  
Tesorero

**Dr. Avto Gogichaisvili**  
Secretario de Investigación

**Dr. Ramón Zúñiga Dávila**  
Secretario de Difusión

**Dr. Héctor López Loera**  
Secretario de Educación

#### Editores Principales

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

Ramón Zúñiga Dávila  
[ramon@geociencias.unam.mx](mailto:ramon@geociencias.unam.mx)  
Centro de Geociencias, UNAM

#### Comité Editorial

Harald Böhnelt, Instituto de Geofísica, UNAM  
Noel Carbajal Pérez, IPICYT  
Oscar Campos, Instituto de Geofísica, UNAM  
Gerardo Carrasco, Instituto de Geología, UNAM  
Ana Luisa Carreño, Instituto de Geología, UNAM  
Carlos Flores Luna, División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
José Luis Frías Salazar, INEGI  
Juan García Abdeslem, División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
René Garduño, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
Manuel Grajales N., Instituto Mexicano del Petróleo  
Margarita López Martínez, División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
Alejandro Hinojosa Corona, División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
Miguel Lavín Peregrina, División de Oceanología, CICESE  
Luis Munguía Orozco, División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
Jorge Ledesma Vázquez, Facultad de Ciencias Marinas, UABC  
Guillermo Pérez, PEMEX  
Domitilo Pereyra, Universidad Veracruzana  
Francisco José Sánchez Sesma, UNAM  
Miguel Téllez, UABC  
Gustavo Tolson, Instituto de Geología, UNAM  
Carlos Suárez Plascencia, Universidad de Guadalajara  
Héctor Pérez de Tejada, Instituto de Geofísica, UNAM

#### Apoyo Técnico Editorial

Daniel Peralta - [dperalta@cicese.mx](mailto:dperalta@cicese.mx)  
Gustavo Peinemann Le Duc - [peineman@cicese.mx](mailto:peineman@cicese.mx)  
María Cristina Álvarez Astorga  
Alejandro F. Nava Pichardo

**GEOS**, boletín informativo de la Unión Geofísica Mexicana, contiene artículos de investigación originales, así como artículos de divulgación y notas cortas y sobre 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 revista y en <http://www.ugm.org.mx/geos.html>

Correspondencia a:  
Editorial GEOS

División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada  
Ensenada, B.C., México  
Tel.: (646)175-0500, Ext. 26060

Título: **GEOS**

Periodicidad: cuatrimestral

ISSN: 0186-1891

Editado en la División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, 22860, B.C., México.



## Editorial

En el contexto del debate nacional sobre la reforma energética y la asociada privatización de los recursos petroleros nacionales, como primer punto de este editorial, queremos recordar y enfatizar el hecho de que fueron técnicos mexicanos, egresados de las universidades públicas nacionales, quienes, sortearon la crisis y lograron el gran desarrollo de la industria petrolera nacional, desde su expropiación. También es importante anotar que, a pesar de que, es la universidad pública la que ha generado las mayores contribuciones a la ciencia, la tecnología, la artes y la cultura de nuestra nación, estas universidades, escuelas de educación superior y centros de investigación nacionales, han sido sistemáticamente marginados de colaboraciones formales con Petróleos Mexicanos. Por otra parte, es indispensable remarcar que en las diferentes disciplinas que son requeridas en los programas de exploración y explotación de los recursos petroleros del país, y en particular de aquellos de las aguas profundas del Golfo de México, nuestro país cuenta con grupos de investigación capaces, en número y en calidad científica, miembros en su gran mayoría de la Unión Geofísica Mexicana, para desarrollar la tecnología necesaria para dicha empresa. La apertura de PEMEX a las universidades y centros de investigación nacionales permitirá sin duda el desarrollo sustentable, a un corto plazo, de tecnología propia en el campo petrolero mexicano, a semejanza de países como Brasil.

En esta Reunión 2008 de la Unión Geofísica Mexicana celebramos dos eventos particulares. El primero lo constituye el ingreso de nuestra revista Geofísica Internacional al Science Citation Index. Un logro que confirma la excelencia académica de la revista, de la cual nos enorgullecemos los miembros de la Unión Geofísica Mexicana. Nos congratulamos por este hecho trascendente, y extendemos por este medio una calurosa felicitación al Dr. Francisco Valdés Galicia, director del Instituto de Geofísica de la UNAM, así como al Dr. Cinna Lomnitz, editor en jefe, a la Mtra. Silvia Zueck, editora técnica, y a su equipo de trabajo. Valga este agradecimiento también a todos los que colaboraron a lo largo de estos años a la consolidación de la revista: los pasados editores en jefe, editores técnicos y editores asociados. Enhorabuena.

El segundo evento que celebramos es el Año Internacional del Planeta Tierra. El Objetivo general del Año Internacional del Planeta Tierra, IYPE, por sus siglas en inglés, es reconocer y llamar la atención sobre los beneficios para la sociedad de las Ciencias de la Tierra. Cabe aclarar que el término Ciencias de la Tierra comprende a las Ciencias de la Tierra sensu estricto, del Mar, de la Atmósfera, así como del Espacio Exterior. Es decir, el IYPE busca contribuir a mejorar la vida diaria promoviendo el potencial social de los geocientíficos. La iniciativa del IYPE es el esfuerzo internacional más grande jamás consensuado para promover las Ciencias de la Tierra.

Las metas particulares del Año Internacional del Planeta Tierra son las siguientes:

1. Reducir riesgos a la sociedad causados por peligros naturales y humanos.
2. Descubrir nuevos recursos naturales y hacerlos disponibles en una forma sustentable.
3. Construir estructuras más seguras y ampliar áreas urbanas utilizando condiciones sub-superficiales naturales.
4. Determinar los factores no antropogénicos del cambio global.
5. Enfatizar el entendimiento de la presencia de recursos naturales para contribuir a los esfuerzos para reducir tensiones políticas.
6. Detectar recursos hídricos subterráneos profundos y dócilmente accesibles.
7. Mejorar el entendimiento de la evolución de la vida.
8. Incrementar el interés en la sociedad, en general, en las Ciencias de la Tierra.
9. Encausar más jóvenes a estudiar Ciencias de la Tierra a nivel universitario.

Nuestra comunidad desarrolla una amplia gama de líneas de investigación en Ciencias de la Tierra, de la Atmósfera, del Mar, y de la Física Espacial, entre ellas riesgo geológico y cambio global. Estos estudios lo hacen laborando en diversas dependencias e instituciones de educación superior y de investigación en México. Es en este marco que los miembros de nuestra asociación vienen realizando estudios con contribuciones sustantivas, al fin de cuentas, a las metas antes mencionadas del IYPE. Así pues, de manera implícita y contundente, los objetivos y metas de nuestra comunidad son similares a los objetivos del IYPE.

La UGM como institución miembro del Comité Nacional de Festejos del Año del Planeta Tierra, hace explícitamente suyos los objetivos del IYPE, y consecuentemente, en esta ocasión, de una manera explícita nuestros esfuerzos han sido enfocados a contribuir a despertar la conciencia en la sociedad de los beneficios de las Ciencias de la Tierra. Para lograr este objetivo, la UGM ha seleccionado, por un lado, aquellas sesiones regulares y especiales que se centran en investigaciones enfocadas en interacciones complejas en el sistema Tierra, y por otro lado, aquellas otras que hacen énfasis en programas y técnicas pedagógicas en las Ciencias de la Tierra, para que como una contribución de nuestra comunidad al IYPE, sean realizadas bajo el espíritu del Año Internacional del Planeta Tierra.

Además, tenemos una serie de conferencias en sesiones regulares, y sesiones especiales, así como un simposio, sobre océanos, interior de la Tierra, sismos, riesgos naturales, agua subterránea y recursos naturales, clima y cambio climático, suelos, contaminación y salud, todos ellos temas del programa científico del IYPE.

En lo que concierne al programa de difusión/divulgación científica, tenemos varias sesiones dedicadas al mejoramiento de programas pedagógicos en las Ciencias de la Tierra y programas de divulgación científica.

Para que efectivamente la Reunión 2008 de la Unión Geofísica Mexicana contribuya a despertar en la conciencia de la gente, en general, los beneficios de las Ciencias de la Tierra a la sociedad, hemos recurrido a los medios de comunicación para que cubran el evento y nos ayuden a alcanzar el objetivo antes señalado.

En este último aspecto, el Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara (UdeG), nos ha brindado un grandísimo apoyo, en especial a través de Radio UdeG para realizar un programa que nos permita divulgar en la sociedad los aspectos sustantivos de las investigaciones de nuestra comunidad que de manera contundente repercuten positivamente en una sociedad con un desarrollo sustentable y sin riesgos. Otras actividades de divulgación de las Ciencias de la Tierra serán realizadas en el marco de nuestra reunión por el Comité Nacional de Festejos del Año Internacional del Planeta Tierra.

Nos congratulamos que la Unión Geofísica Mexicana, haciendo honor al espíritu de contribución a la sociedad que se encuentra en sus estatutos, contribuya decididamente al Año Internacional del Planeta Tierra, como lo hacen otras importantes asociaciones de Ciencias de la Tierra en otros países alrededor del mundo.

Agradecemos el apoyo incondicionado de nuestra membresía para alcanzar este objetivo.

## Estructura de la Reunión

En cuanto a la estructura de nuestra reunión, llamamos su atención a la inclusión de tres sesiones de carteles, que tendrán lugar contando con toda la asistencia del congreso, es decir, tendrán lugar como elementos del mismo orden de importancia que las sesiones orales. El objetivo es fomentar en nuestra comunidad el uso de los carteles como un elemento de presentación alrededor del cual se da, de la manera más efectiva quizá, la comunicación entre el expositor y el auditorio. En efecto, en muchas asociaciones la cultura de presentaciones en carteles es muy apreciada, al mismo rango de la presentación oral (y muchas veces más solicitada). Esperamos que este contexto nos permita, como en otros congresos, además de intercambiar ideas, opiniones, conceptos, que implican la retroalimentación en la investigación, el establecimiento de contactos que suelen fructificar en colaboraciones y francas amistades.

Otra parte sustancial de nuestro programa, son las conferencias magistrales y las pláticas invitadas por algunos de los organizadores de sesiones especiales. Queremos agradecer muy cumplidamente a nuestros conferencistas invitados, así como a todos los colegas que tomaron bajo su responsabilidad la organización de alguna sesión, tanto especial como ordinaria; su apoyo ha sido fundamental para el éxito de la Reunión. Las conferencias magistrales programadas son:

### **Agrietamiento del suelo en la Cuenca de México**

Gabriel Auvinet Guichard

*Investigador, Instituto de Ingeniería, UNAM*

### **Ejemplos de aplicación de los métodos aéreos de magnetometría y espectrometría de radiación Gamma en México**

Javier Lara Sánchez

*Servicio Geológico Mexicano*

### **“Geofísica Internacional”: 47 años de historia**

Silvia Zueck

*Editora Técnica, Geofísica Internacional*

### **The International Year of the Planet Earth**

Jaime Urrutia Fucugauchi

*Presidente, Comité Nacional de Festejos del Año Internacional del Planeta Tierra*

### **Tectonics along the western margin of Mexico revealed by seismic surveys**

Robert W. Clayton

*Profesor, California Institute of Technology, USA*

### **Testing the Vine-Matthews Hypothesis**

Christopher Harrison

*Professor of Geophysics, Rosenstiel School of Marine & Atmospheric Science, University of Miami, USA*

### **El mercado petrolero mundial en manos de los productores y empresas estatales**

Miguel García Reyes

*Sección de Posgrado e Investigación, ESIA-Ticomán, Ciencias de la Tierra, IPN*

*Centro de Investigaciones Geopolíticas en Energía y Medio Ambiente, A.C.*

### **La nueva revolución energética**

Miguel García Reyes

*Sección de Posgrado e Investigación, ESIA-Ticomán, Ciencias de la Tierra, IPN*

*Centro de Investigaciones Geopolíticas en Energía y Medio Ambiente, A.C.*

Por último, queremos revivir una tradición: la cena baile, convivir, tener esos re-encuentros, y cordialmente poder brindar y decir que veinte años no son nada.

## Programa

El preámbulo a la Reunión 2008 de la Unión Geofísica Mexicana lo constituye el curso que será impartido, por Miguel Rodríguez, Francisco Sánchez Sesma, Jorge Aguirre, y Francisco Chávez, el día domingo 26 de octubre en el Auditorio EDULAB del Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara.

Se tiene un total de 545 presentaciones que fueron clasificadas, por los responsables de sesiones, en 382 presentaciones orales, y 163 presentaciones en carteles, que comprenden 16 sesiones regulares y 18 sesiones especiales que incluyen un taller y un simposio. A continuación se enlistan las sesiones regulares, y especiales, así como los responsables de ellas.

### **Sesiones regulares**

#### **CCA: Climatología, cambios climáticos y atmósfera**

Organizadores: Gerardo Ruíz Suárez y René Garduño

#### **EG: Exploración geofísica**

Organizadores: Francisco Javier Esparza Hernández, Bill Bandy y Andrés Tejero

#### **FE: Física Espacial**

Organizador: Román Pérez Enríquez

#### **GEOD: Geodesia**

Organizadores: Joan Stock, Enrique Cabral y Ramón García López

#### **GEOH: Geohidrología**

Organizadores: Graciela Herrera Zamarrón e Ignacio Navarro

#### **GP: Geología del petróleo**

Organizador: Manuel Grajales Nishimura

#### **GET: Geología estructural y tectónica**

Organizadores: Luca Ferrari Pedraglio y José Rosas Elguera

#### **GGA: Geología y geofísica ambiental**

Organizadores: René Chávez, Luis Miguel Mitre, Salvador Belmonte y Carlos Flores Luna

#### **GEOPAL: Geomagnetismo y paleomagnetismo**

Organizador: Luis Manuel Alva Valdivia

**GEOQP: Geoquímica y petrología**

Organizadores: Arturo Gómez Tuena y Fernando Velasco

**MIN: Mineralogía**

Organizador: Arturo Martín Barajas

**OCE: Oceanología**

Organizador: Ligia L. Pérez Cruz

**PALEO: Paleontología**

Organizador: Sergio Ceballos

**SED: Sedimentología y estratigrafía**

Organizadores: Grijalva Noriega y Rogelio Monreal Saavedra

**SIS: Sismología**

Organizadores: Roberto Ortega y Carlos Mendoza

**VUL: Vulcanología**

Organizadores: Juan Carlos Mora Chaparro y José Luis Arce

## Sesiones especiales

**SE01: Sistemas de alerta temprana ante riesgos por terremotos, tsunamis y volcanes**

Organizadores: Arturo Iglesias y Daniel García

**SE02: Modelado de procesos terrestres**

Organizadores: Juan Contreras y Gustavo Tolson

**SE03: Estudios multidisciplinarios de fracturamiento y subsidencia y zonificación asociada en áreas urbanas**

Organizadores: Dora Carreón, Mariano Cerca, Efraín Ovando y Gabriel Auvinet

**SE04: Fenómenos físicos asociados a la actividad tectónica**

Organizador: Anatoliy Kotsarenko

**SE05: Geodynamics of the Mexican Subduction Zone: constraints from seismology, geochemistry and plate reconstructions**

Organizadores: Vlad Manea y Marina Manea

**SE06: Riesgos geológicos e hidrometeorológicos**

Organizadores: David Novelo y Víctor Magaña

**SE07: Tectonic processes at the active Middle American continent-ocean margins during the Phanerozoic**

Organizadores: Duncan Keppie, Dante Morán y Fernando Ortega

**SE08: Redes de observatorios geofísicos**

Organizador: Carlos Valdés

**SE09: Modelación matemática y computacional en geofísica: métodos y aplicaciones**

Organizadores: Ismael Herrera y Víctor Cruz-Atienza

**SE10: El papel de la geofísica en las instituciones de educación superior**

Organizadores: Rubén Rocha y Oscar Campos Enríquez

**SE11: Taller sobre perspectivas y futuro de la arqueometría mexicana**

Organizador: Avto Gogichaishvili

**SE12: Simposio sobre cambio climático**

Organizadores: Carlos Gay y Cecilia Conde

**SE13: Medición y modelación de procesos hidrológicos**

Organizadores: Jaime Garatuza y Christopher Watts

**SE14: Propuesta de herramientas educativas para geociencias**

Organizadores: Guillermo González, Alma González y Bernardo García

**SE15: Caracterización, vulnerabilidad y riesgo a la contaminación de acuíferos**

Organizador: Jaime Herrera

**SE16: Biogeoquímica y contaminación marina**

Organizadores: Carolina Ruiz, Evgueni Choumiline, Sergio Aguñiga y Judith Rodríguez

**SE17: Ciencias de la tierra y sociedad**

Organizadores: Jesús Martínez y Ramiro Rodríguez

**SE18: Avances en la geocronología y la paleogeografía en el sur de México**

Organizadores: Peter Schaaf, Gabriela Solis-Pichardo y Teodoro Hernández

## Instituciones Participantes

	<b>Institución</b>		<b>País</b>
1.	Academia de Ciencias de Rusia	Instituto de Geoquímica y Química Analítica	Rusia
2.	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias		España
3.	Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie		Alemania
4.	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales	México
5.	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	Colegio de Ingeniería Geofísica	México
6.	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla		México
7.	California Institute of Technology	Seismological Laboratory	USA
8.	California Institute of Technology		USA
9.	Cambridge University	Department of Earth Sciences	Reino Unido
10.	Carnegie Institution of Washington	Department of Terrestrial Magnetism	USA
11.	Carnegie Mellon University		USA
12.	Centro de Ciencias de Sinaloa		México
13.	Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora		México
14.	Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A. C.		México
15.	Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.		México
16.	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada	División de Ciencias de la Tierra	México
17.	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada	División de Oceanología	México
18.	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada	Posgrado en Oceanografía Física	México
19.	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada	Unidad La Paz	México
20.	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada		México
21.	Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C.		México
22.	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.		México
23.	Centro de Investigaciones en Óptica, A. C.		México
24.	Centro Nacional de Prevención de Desastres		México
25.	Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres		Perú
26.	Colegio de Michoacán, A. C.		México
27.	Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo		México
28.	Colegio Franco Inglés		México
29.	Comisión Estatal del Agua de Guanajuato		México
30.	Comisión Federal de Electricidad		México
31.	Comisión Nacional del Agua		México
32.	Comité Nacional Planeta Tierra, IYPE		México
33.	Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro	Centro Queretano de Recursos Naturales	México
34.	Consortio Minero Benito Juárez Peña Colorada		México
35.	Consultoría BETSCO, S. A. de C. V.		México
36.	Coordinación Científica y Tecnológica de Nuevo León		México
37.	Departamento del Medio Ambiente de Baviera		Alemania
38.	Dirección General de Protección Civil del Estado de México		México
39.	Disaster Prevention Research Institute		
40.	El Colegio de la Frontera Norte		México
41.	El Colegio de la Frontera Sur		México
42.	El Colegio de México	Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales	México
43.	ERN Ingenieros Consultores, S. C.		México
44.	Florida International University		USA
45.	Florida State University	Center for Ocean-Atmospheric Prediction Studies	USA
46.	GAVE		
47.	GEM Systems		Canadá



48.	Geoforschungszentrum Potsdam		Alemania
49.	Geological Institute of Hungary		Hungría
50.	Gobierno del Distrito Federal, Delegación Iztapalapa		México
51.	Gobierno del Estado de Sinaloa		México
52.	Hawaii Institute for Geophysics		USA
53.	Indiana University-Purdue University Indianapolis	Department of Earth Sciences	USA
54.	Innomar Technologie Gmb		Alemania
55.	Institut de Recherche pour le Développement		Francia
56.	Institute of Geography Russian Academy of Sciences	Climatology Laboratory	Rusia
57.	Institute of Geological and Nuclear Sciences, Ltd.		Nueva Zelanda
58.	Instituto Colombiano de Geología y Minería		Colombia
59.	Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal		México
60.	Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas	Dirección de Ordenamiento Ecológico	México
61.	Instituto de Ecología, A.C.		México
62.	Instituto de Geofísica y Astronomía, CITMA		Cuba
63.	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú		Perú
64.	Instituto Geominero de España		España
65.	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua		México
66.	Instituto Mexicano del Petróleo		México
67.	Instituto Mexicano del Transporte		México
68.	Instituto Nacional de Antropología e Historia		México
69.	Instituto Nacional de Ecología	Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental	México
70.	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias	Laboratorio Nacional de Dendrocronología	México
71.	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares		México
72.	Instituto Nacional de Óptica y Electrónica		México
73.	Instituto Politécnico Nacional	Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada	México
74.	Instituto Politécnico Nacional	Centro de Investigación en Computación	México
75.	Instituto Politécnico Nacional	Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas	México
76.	Instituto Politécnico Nacional	Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional	México
77.	Instituto Politécnico Nacional	Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo	México
78.	Instituto Politécnico Nacional	Escuela Nacional de Ciencias Biológicas	México
79.	Instituto Politécnico Nacional	Escuela Superior de Física y Matemáticas	México
80.	Instituto Politécnico Nacional	Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica	México
81.	Instituto Politécnico Nacional	Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura	México
82.	Instituto Politécnico Nacional		México
83.	Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica	División de Geociencias Aplicadas	México
84.	Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica		México
85.	Instituto Tecnológico de Chihuahua		México
86.	Instituto Tecnológico de Ciudad Madero		México
87.	Instituto Tecnológico de Guaymas		México
88.	Instituto Tecnológico de Sonora	Departamento de Agua y Medio Ambiente	México
89.	Instituto Tecnológico de Sonora		México
90.	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	Centro de Calidad Ambiental	México
91.	Invisibiliorum Angelopolitana Universitas		
92.	Iowa State University	Geological and Atmospheric Sciences	USA
93.	IPHEP, UMR CNRS 6046 - Bât Sci. Naturelle, 40 av. Recteur Pineau - F86022 POITIERS		Francia
94.	Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia		Italia
95.	Leeds University	School of Earth and Environment	Reino Unido
96.	McGill University		Canadá
97.	Microsistemas Californianos, S. A. de C. V.		México
98.	Minera Secotec, S. A. de C. V.		México
99.	Monclova Pirineos Gas, S. A. de C. V.		México
100.	Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología		México
101.	Museo Nacional de Ciencias Naturales		España

102.	Natural History Museum of Los Angeles County		USA
103.	Net-Brains de México		México
104.	New Mexico State University	Physics Department	USA
105.	Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica		Costa Rica
106.	P. P. Shirshov Institute of Oceanology		Rusia
107.	Papalote Museo del Niño		México
108.	Petróleos Mexicanos	Exploración y Producción	México
109.	Petróleos Mexicanos		México
110.	Proyectos de Ingeniería y Medio Ambiente		México
111.	RAC, NRCA, TIFR		India
112.	San Diego State University		USA
113.	Schlumberger		
114.	Secretaría de Marina	Instituto Oceanográfico del Pacífico	México
115.	Secretaría de Protección Civil del Distrito Federal		México
116.	Servicio Geológico Mexicano		México
117.	Servicio Sismológico Nacional		México
118.	Smithsonian Tropical Research Institute		Panamá
119.	Sofia University	Faculty of Physics	Bulgaria
120.	Solartronic, S. A. de C. V.		México
121.	State New Jersey University	Department of Environmental Science	USA
122.	Stennis Space Center	Naval Research Laboratory	USA
123.	Tata Institute of Fundamental Research	National Centre for Radio Astronomy	India
124.	The Marine Biological Association of the United Kingdom		Reino Unido
125.	The National Center for Atmospheric Research		USA
126.	The University of Arizona	Atmospheric Sciences Department	USA
127.	The University of Arizona	Department of Geosciences	USA
128.	The University of Texas at Austin	Department of Geological Sciences	USA
129.	The University of Texas at Austin	Jackson School of Geosciences	USA
130.	Tongji University	State Key Lab. of Marine Geology, School of Ocean & Earth Sciences	China
131.	UMR Géosciences Azur, UPMC		Francia
132.	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza		
133.	Universidad Aristóteles de Tesalónica		Grecia
134.	Universidad Autónoma de Baja California	Facultad de Ingeniería	México
135.	Universidad Autónoma de Baja California	Instituto de Investigaciones Oceanológicas	México
136.	Universidad Autónoma de Baja California		México
137.	Universidad Autónoma de Baja California Sur		México
138.	Universidad Autónoma de Chapingo	Museo Nacional de Agricultura	México
139.	Universidad Autónoma de Chapingo		México
140.	Universidad Autónoma de Chihuahua	Facultad de Enfermería	México
141.	Universidad Autónoma de Chihuahua	Facultad de Ingeniería	México
142.	Universidad Autónoma de Chihuahua		México
143.	Universidad Autónoma de Coahuila	Escuela Superior de Ingeniería Lic. Adolfo López Mateos	México
144.	Universidad Autónoma de Guerrero		México
145.	Universidad Autónoma de Nuevo León	Facultad de Ciencias de la Tierra	México
146.	Universidad Autónoma de Nuevo León	Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas	México
147.	Universidad Autónoma de Nuevo León		México
148.	Universidad Autónoma de Querétaro	Facultad de Ingeniería	México
149.	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades	México
150.	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	Facultad de Ingeniería	México
151.	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	Instituto de Geología	México
152.	Universidad Autónoma de San Luis Potosí		México
153.	Universidad Autónoma de Sinaloa	Escuela de Ciencias de la Tierra	México
154.	Universidad Autónoma de Sinaloa	Escuela de Ingeniería	México
155.	Universidad Autónoma de Sinaloa	Facultad de Arquitectura	México
156.	Universidad Autónoma de Sinaloa		México
157.	Universidad Autónoma de Tamaulipas		México
158.	Universidad Autónoma de Zacatecas	Centro Regional de Estudios Nucleares	México
159.	Universidad Autónoma de Zacatecas	Ciencias de la Tierra	México
160.	Universidad Autónoma del Estado de Morelos		México
161.	Universidad Autónoma Metropolitana	Área de Física de Procesos Irreversibles	México
162.	Universidad Autónoma Metropolitana		México
163.	Universidad Complutense de Madrid		España
164.	Universidad de Burgos	Laboratorio de Paleomagnetismo	España
165.	Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas		México

166.	Universidad de Colima	Centro Universitario de Estudios e Investigaciones de Vulcanología	México
167.	Universidad de Colima	Facultad de Ciencias	México
168.	Universidad de Colima	Facultad de Ciencias Marinas	México
169.	Universidad de Colima	Instituto Oceanográfico	México
170.	Universidad de Colima	Observatorio Vulcanológico	México
171.	Universidad de Colima	Red Sismológica del Estado de Colima	México
172.	Universidad de Colima		México
173.	Universidad de Florencia	Departamento de Química	Italia
174.	Universidad de Granada	Facultad de Ciencias	España
175.	Universidad de Guadalajara	Centro de Sismología y Vulcanología de Occidente	México
176.	Universidad de Guadalajara	Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías	México
177.	Universidad de Guadalajara	Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades	México
178.	Universidad de Guadalajara	Centro Universitario de la Costa	México
179.	Universidad de Guadalajara	Departamento de Física	México
180.	Universidad de Guadalajara	Departamento de Geografía y Ordenación Territorial	México
181.	Universidad de Guadalajara	Departamento de Ingeniería Civil y Topografía	México
182.	Universidad de Guadalajara	División de Ingenierías	México
183.	Universidad de Guadalajara	Instituto de Ingeniería Sísmica	México
184.	Universidad de Guadalajara	Posgrado en Ciencias en Hidrometeorología	México
185.	Universidad de Guadalajara		México
186.	Universidad de Guanajuato	Facultad de Ingeniería Civil	México
187.	Universidad de Guanajuato		México
188.	Universidad de Guerrero		México
189.	Universidad de la Habana		Cuba
190.	Universidad de la Republica		Uruguay
191.	Universidad de Panamá	Instituto de Geociencias	Panamá
192.	Universidad de Sao Paulo	Laboratorio de Paleomagnetismo	Brasil
193.	Universidad de Sonora	Departamento de Agricultura y Ganadería	México
194.	Universidad de Sonora	Departamento de Física	México
195.	Universidad de Sonora	Departamento de Geología	México
196.	Universidad de Sonora	Departamento de Ingeniería Civil y Minas	México
197.	Universidad de Sonora		México
198.	Universidad de Zaragoza		España
199.	Universidad del Mar	Posgrado en Ecología Marina	México
200.	Universidad Estatal de San José		USA
201.	Universidad La Salle		México
202.	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	Departamento de Geología y Mineralogía	México
203.	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	Facultad de Biología	México
204.	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas	México
205.	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	Instituto de Investigaciones Metalúrgicas	México
206.	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo		México
207.	Universidad Nacional Autónoma de México	Centro de Ciencias de la Atmósfera	México
208.	Universidad Nacional Autónoma de México	Centro de Geociencias	México
209.	Universidad Nacional Autónoma de México	Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental	México
210.	Universidad Nacional Autónoma de México	Centro de Radioastronomía y Astrofísica	México
211.	Universidad Nacional Autónoma de México	Facultad de Arquitectura	México
212.	Universidad Nacional Autónoma de México	Facultad de Ciencias	México
213.	Universidad Nacional Autónoma de México	Facultad de Filosofía y Letras	México
214.	Universidad Nacional Autónoma de México	Facultad de Ingeniería	México
215.	Universidad Nacional Autónoma de México	Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra	México
216.	Universidad Nacional Autónoma de México	Instituto de Astronomía	México
217.	Universidad Nacional Autónoma de México	Instituto de Ciencias del Mar y Limnología	México
218.	Universidad Nacional Autónoma de México	Instituto de Ecología	México
219.	Universidad Nacional Autónoma de México	Instituto de Física	México
220.	Universidad Nacional Autónoma de México	Instituto de Geofísica	México
221.	Universidad Nacional Autónoma de México	Instituto de Geografía	México
222.	Universidad Nacional Autónoma de México	Instituto de Geología	México
223.	Universidad Nacional Autónoma de México	Instituto de Geología	México
224.	Universidad Nacional Autónoma de México	Instituto de Ingeniería	México
225.	Universidad Nacional Autónoma de México	Instituto de Investigaciones Antropológicas	México
226.	Universidad Nacional Autónoma de México	Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas	México

227.	Universidad Nacional Autónoma de México	Instituto de Investigaciones Estéticas	México
228.	Universidad Nacional Autónoma de México	Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural	México
229.	Universidad Nacional Autónoma de México	Posgrado en Ciencias de la Tierra	México
230.	Universidad Nacional Autónoma de México		México
231.	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua	Instituto de Geología	Nicaragua
232.	Universidad Politécnica de Catalunya		España
233.	Universidad Politécnica de Madrid	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales	España
234.	Universidad Simón Bolívar		Venezuela
235.	Universidad Veracruzana	Centro de Ciencias de la Tierra	México
236.	Universidad Veracruzana	Centro de Investigaciones Tropicales	México
237.	Universidad Veracruzana	Facultad de Economía	México
238.	Universidad Veracruzana	Facultad de Instrumentación Eléctrica y Ciencias Atmosféricas	México
239.	Universidad Veracruzana	Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	México
240.	Universidad Veracruzana	Grupo de Climatología Aplicada	México
241.	Universidad Veracruzana	Instituto de Ingeniería	México
242.	Universidad Veracruzana		México
243.	Universidade de São Paulo	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas	Brasil
244.	Universitat Autònoma de Barcelona	Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental	España
245.	Universitat de Barcelona	Facultat de Geologia	España
246.	Universität Münster	Institut für Mineralogie	Alemania
247.	Université de Bretagne Occidentale		Francia
248.	Université de Nantes	Institut des Matériaux Jean Rouxel	Francia
249.	Université de Savoie	Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique	Francia
250.	Université Joseph Fourier	Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique	Francia
251.	Université Paris 7 Denis-Diderot		Francia
252.	Université Rennes 1	Geoscience Rennes	Francia
253.	University of Alaska Fairbanks		USA
254.	University of Brighton	School of Environment and Technology	Reino Unido
255.	University of California Davis		USA
256.	University of California Los Angeles	Institute of Geophysics and Planetary Science	USA
257.	University of Colorado at Boulder	Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences	USA
258.	University of Connecticut	Department of Ecology and Evolutionary Biology	USA
259.	University of Oregon		USA
260.	University of Pau, CNRS and INRIA		Francia
261.	University of South Florida	Department of Geology	USA
262.	University of Southern California		USA
263.	University of Washington	Department of Civil and Environmental Engineering	USA
264.	University of Washington		USA
265.	USGS, Denver, Colorado		USA
266.	Utrecht University		Holanda
267.	Vaisala Inc.		

# Programa General

		Capilla A	Capilla B	Capilla C	Capilla D	Mismaloya
Domingo	A M	Curso: Prospección sísmica de dispersión de ondas superficiales usando ruido sísmico				
	P M	Curso: Prospección sísmica de dispersión de ondas superficiales usando ruido sísmico				
<b>Bienvenida - Rompehielo</b>						
Lunes	<b>Inauguración</b>					<b>Carteles:</b> <b>SE11</b> (SE11-16 – SE11-28) <b>CCA</b> (CCA-29 – CCA-44) <b>VUL</b> (VUL-15 – VUL-24) <b>SE01</b> (SE01-9 – SE01-12) <b>SE09</b> (SE09-15 – SE09-17) <b>SE03</b> (SE03-11 – SE03-12)
	<b>Conferencia magistral</b>					
	A M	<b>SE11</b> Taller sobre perspectivas y futuro de la arqueometría mexicana (SE11-1 – SE11-7)	<b>CCA</b> Climatología, cambios climáticos y atmósfera (CCA-1 – CCA-13)	<b>VUL</b> Vulcanología (VUL-1 – VUL-14)	<b>SE09</b> Modelación matemática y computacional en geofísica: métodos y aplicaciones (SE09-1 – SE09-14)	
	P M	<b>SE11</b> Taller sobre perspectivas y futuro de la arqueometría mexicana (SE11-8 – SE11-15)	<b>CCA</b> Climatología, cambios climáticos y atmósfera (CCA-14 – CCA-20)	<b>SE01</b> Sistemas de alerta temprana ante riesgos por terremotos, tsunamis y volcanes (SE01-1 – SE01-8)	<b>SE02</b> Modelado de procesos terrestres (SE02-1 – SE02-6)	
Martes	<b>Conferencia magistral</b>					<b>Carteles:</b> <b>SE08</b> (SE08-16 – SE08-17) <b>SE12</b> (SE12-17 – SE12-21) <b>SIS</b> (SIS-32 – SIS-43) <b>EG</b> (EG-18 – EG-25) <b>GGA</b> (GGA-7 – GGA-14) <b>FE</b> (FE-5 – FE-15) <b>GET</b> (GET-8) <b>SE18</b> (SE18-9 – SE18-10) <b>GEOH</b> (GEOH-9 – GEOH-12)
	A M	<b>SE08</b> Redes de observatorios geofísicos (SE08-1 – SE08-15)	<b>CCA</b> Climatología, cambios climáticos y atmósfera (CCA-21 – CCA-28)  <b>SE12</b> Simposio sobre cambio climático (SE12-1 – SE12-8)	<b>SIS</b> Sismología (SIS-1 – SIS-15)	<b>EG</b> Exploración geofísica (EG-1 – EG-17)	
	P M	<b>Conferencia invitada</b>  <b>SE03</b> Estudios multidisciplinarios de fracturamiento y subsidencia y zonificación asociada en áreas urbanas (SE03-1 – SE03-10)	<b>SE12</b> Simposio sobre cambio climático (SE12-9 – SE12-16)	<b>SIS</b> Sismología (SIS-16 – SIS-25)	<b>GGA</b> Geología y geofísica ambiental (GGA-1 – GGA-6)  <b>SE16</b> Biogeoquímica y contaminación marina (SE16-1 – SE16-4)	
	<b>Conferencia magistral</b>					
Miércoles	<b>Conferencia magistral</b>					
	A M	<b>SE06</b> Riesgos geológicos e hidrometeorológicos (SE06-1 – SE06-11)  <b>FE</b> Física espacial (FE-1 – FE-4)	<b>SIS</b> Sismología (SIS-26 – SIS-31)  <b>PALEO</b> Paleontología (PALEO-1 – PALEO-3)  <b>GET</b> Geología estructural y tectónica (GET-1 – GET-7)	<b>SE18</b> Avances en la geocronología y la paleogeografía en el sur de México (SE18-1 – SE18-8)  <b>SE07</b> Tectonic processes at the active Middle American continent-ocean margins during the Phanerozoic (SE07-1 – SE07-4)	<b>SE13</b> Medición y modelación de procesos hidrológicos (SE13-1 – SE13-5)  <b>GEOH</b> Geohidrología (GEOH-1 – GEOH-8)  <b>SE15</b> Caracterización, vulnerabilidad y riesgo a la contaminación de acuíferos (SE15-1 – SE15-2)	
	<b>Conferencia magistral</b>					
	P M	<b>Asamblea general</b>				
<b>Cena</b>						

Jueves	A M	<b>Conferencia magistral</b>				<b>Carteles:</b> <b>SE15</b> (SE15-3 – SE15-5) <b>SE06</b> (SE06-32 – SE06-41) <b>SE05</b> (SE05-8 – SE05-10) <b>GEOPAL</b> (GEOPAL-17 – GEOPAL-26) <b>SE14</b> (SE14-17) <b>SE10</b> (SE10-9 – SE10-11) <b>OCE</b> (OCE-24 – OCE-29) <b>SE17</b> (SE17-16 – SE17-18) <b>SED</b> (SED-9) <b>GP</b> (GP-8) <b>GEOD</b> (GEOD-9 – GEOD-16) <b>GEOQP</b> (GEOQP-9 – GEOQP-19) <b>MIN</b> (MIN-6 – MIN-7)
		<b>SE06</b> Riesgos geológicos e hidrometeorológicos (SE06-12 – SE06-25)	<b>SE05</b> Geodynamics of the Mexican Subduction Zone: constraints from seismology, geochemistry and plate reconstructions (SE05-1 – SE05-7)  <b>GEOPAL</b> Geomagnetismo y paleomagnetismo (GEOPAL-1 – GEOPAL-8)	<b>SE14</b> Propuesta de herramientas educativas para geociencias (SE14-1 – SE14-16)	<b>OCE</b> Oceanología (OCE-1 – OCE-15)	
	P M	<b>SE06</b> Riesgos geológicos e hidrometeorológicos (SE06-26 – SE06-31)	<b>GEOPAL</b> Geomagnetismo y paleomagnetismo (GEOPAL-9 – GEOPAL-16)	<b>SE10</b> El papel de la geofísica en las instituciones de educación superior (SE10-1 – SE10-8)	<b>OCE</b> Oceanología (OCE-16 – OCE-23)	
		<b>Conferencia magistral</b>				
Viernes	A M	<b>Conferencia magistral</b>				
		<b>SE17</b> Ciencias de la tierra y sociedad (SE17-1 – SE17-15)	<b>SED</b> Sedimentología y estratigrafía (SED-1 – SED-8)  <b>GP</b> Geología del petróleo (GP-1 – GP-7)  <b>Conferencia invitada</b>	<b>GEOD</b> Geodesia (GEOD-1 – GEOD-8)  <b>SE04</b> Fenómenos físicos asociados a la actividad tectónica (SE04-1 – SE04-5)	<b>GEOQP</b> Geoquímica y petrología (GEOQP-1 – GEOQP-8)  <b>MIN</b> Mineralogía (MIN-1 – MIN-5)	



# Índice General

	Página
Editorial .....	i
Instituciones Participantes .....	vi
Programa General .....	xi
Índice General .....	xiii
<b>Conferencias Magistrales</b>	
Agrietamiento del suelo en la Cuenca de México .....	72
Ejemplos de aplicación de los métodos aéreos de magnetometría y espectrometría de radiación gamma en México .....	72
"Geofísica Internacional": 47 años de vida .....	73
El Año Internacional del Planeta Tierra .....	73
Tectonics along the western margin of Mexico revealed by seismic surveys .....	74
El mercado petrolero mundial en manos de los productores y empresas estatales .....	74
La nueva revolución energética .....	75
<b>Sesiones Regulares</b>	
CCA: Climatología, Cambios Climáticos y Atmósfera .....	77
EG: Exploración Geofísica .....	95
FE: Física Espacial .....	105
GEOG: Geodesia .....	111
GEOH: Geohidrología .....	119
GP: Geología del Petróleo .....	127
GET: Geología Estructural y Tectónica .....	133
GGA: Geología y Geofísica Ambiental .....	139
GEPAL: Geomagnetismo y Paleomagnetismo .....	147
GEOQP: Geoquímica y Petrología .....	157
MIN: Mineralogía .....	167
OCE: Oceanología .....	173
PALEO: Paleontología .....	185
SED: Sedimentología y Estratigrafía .....	189
SIS: Sismología .....	195
VUL: Vulcanología .....	213
<b>Sesiones Especiales</b>	
SE01: Sistemas de alerta temprana ante riesgos por terremotos, tsunamis y volcanes .....	225
SE02: Modelado de procesos terrestres .....	231
SE03: Estudios multidisciplinarios de fracturamiento y subsidencia y zonificación asociada en áreas urbanas .....	235
SE04: Fenómenos físicos asociados a la actividad tectónica .....	241
SE05: Geodynamics of the Mexican Subduction Zone: constraints from seismology, geochemistry and plate reconstructions .....	245
SE06: Riesgos geológicos e hidrometeorológicos .....	251
SE07: Tectonic processes at the active Middle American continent-ocean margins during the Phanerozoic .....	271
SE08: Redes de observatorios geofísicos .....	275
SE09: Modelación matemática y computacional en geofísica: métodos y aplicaciones .....	283
SE10: El papel de la geofísica en las instituciones de educación superior .....	291
SE11: Taller sobre perspectivas y futuro de la arqueometría mexicana .....	297
SE12: Simposio sobre cambio climático .....	309
SE13: Medición y modelación de procesos hidrológicos .....	319
SE14: Propuesta de herramientas educativas para geociencias .....	323
SE15: Caracterización, vulnerabilidad y riesgo a la contaminación de acuíferos .....	331
SE16: Biogeoquímica y contaminación marina .....	335

SE17: Ciencias de la tierra y sociedad

339  
349

SE18: Avances en la geocronología y la paleogeografía en el sur de México

355

Índice de Autores

# **Conferencias Magistrales**

# Agrietamiento del suelo en la Cuenca de México

**Gabriel Auvinet Guichard**

Instituto de Ingeniería, UNAM

Cada vez con mayor frecuencia, se señala la aparición de grietas en el suelo en alguna parte de la ciudad de México o del área metropolitana de la Cuenca. Estas grietas causan alarma entre la población y llegan a ocasionar accidentes y daños de importancia a las construcciones. Se acepta actualmente que el problema del agrietamiento constituye un grave factor de riesgo que debe ser evaluado con las mejores herramientas científicas y técnicas para definir las medidas protectivas requeridas.

El fenómeno del agrietamiento se puede manifestar a consecuencia de cualquier condición que genera esfuerzos de tensión importantes en el suelo. Las grietas del suelo en la cuenca de México tienen por tanto distintas causas, incluyendo la contracción de las arcillas lacustres por secado, la existencia de esfuerzos de tensión asociados al peso de las construcciones, el fracturamiento hidráulico en zonas de encharcamientos, los movimientos sísmicos, etc. Sin embargo, las grietas más importantes y destructivas son una consecuencia directa del hundimiento regional que se presenta en la zona lacustre de la cuenca de México por efecto del bombeo de agua en estratos profundos.

Al acentuarse el hundimiento, el agrietamiento del suelo, que antes sólo ocurría en el vaso seco del Lago de Texcoco, ha tomado mucha importancia en las zonas de transición, como consecuencia de los asentamientos diferenciales entre zonas de suelo blando y firme, con su secuela de daños a las construcciones e instalaciones urbanas.

La Conferencia describe los trabajos de recopilación de información sobre el agrietamiento que se han realizado en el Instituto de Ingeniería y otras instituciones. Los datos, obtenidos principalmente mediante levantamientos con GPS, se han integrado a un Sistema de Información Geográfica sobre grietas, apoyado en sistemas semejantes desarrollados en el Laboratorio de Geoinformática del Instituto para el subsuelo de la cuenca de México. Este sistema facilita considerablemente la visualización e interpretación del fenómeno de agrietamiento. Gracias a esta herramienta, ha sido posible proponer una primera zonificación y una clasificación de los tipos de grietas de acuerdo con el mecanismo que las origina.

Asimismo, en la Conferencia se revisan los diferentes modelos analíticos o numéricos que han sido propuestos para explicar y modelar la aparición de grietas y su propagación. Se subrayan las limitaciones que presentan todavía estos modelos y se pone énfasis en las investigaciones de laboratorio y de campo que convendría realizar para darles mayor sustento.

Finalmente, se discuten algunas técnicas que han podido ser aplicadas para mitigar el riesgo asociado al agrietamiento.

## Ejemplos de aplicación de los métodos aéreos de magnetometría y espectrometría de radiación gamma en México

**Javier Lara Sánchez y Marcos Gaona Mota**

Servicio Geológico Mexicano

Esta presentación tiene la finalidad de mostrar con ejemplos extraídos de los levantamientos aerogeofísicos realizados por el Servicio Geológico Mexicano, los alcances que se han obtenido con los métodos aéreos de magnetometría y espectrometría de radiación gamma, en función de los avances tecnológicos de equipos, hardware y software, para definir con mayor exactitud las fuentes que generan la señales magnética y la radiación gamma.

La ubicación de los datos obtenida con ayuda de un posicionador diferencial en tiempo real (DGPS), es uno de los avances más trascendentes en los métodos geofísicos aéreos, ya que define con gran exactitud las coordenadas en donde se obtuvo el dato, permitiendo esto realizar levantamientos de alta resolución. Para el método magnético el aumento en la sensibilidad de los magnetómetros de vapor de cesio a 0.0006 nT, permite detectar desde un ducto de gas hasta grandes estructuras geológicas como son: calderas, cráteres, grabens, fallas como controles de mineralización, límites de cuencas, etc.

Por otro lado, con el método de espectrometría de radiación gamma los avances tecnológicos se tienen principalmente en el software para almacenar y procesar los datos, ya que permiten visualizar y analizar el espectro desde 0 hasta 3 MeV de cada una de las muestras tomadas en campo desde el aire, por lo que es factible conocer y separar los radioelementos detectados. En pruebas de laboratorio realizadas en el SGM, se midieron los radioelementos producidos por una muestra de uranio (carnotita), torio y cesio; la muestra de uranio genera 6 picos de Bismuto-214 de diferentes energías; el torio genera un pico de Talio-208 y dos picos de Actinio de baja energía y la muestra de Cesio genera un pico de Cesio-137. De lo anterior se determinó que podemos diferenciar a la fecha los radioelementos de Bi-214(eU), Tl-208 (eTh), K-40 (K) y Cs-137, para definir: concentraciones de mineral de uranio, tipos de suelos, contenido de radioelementos en jales y escorias, composición de intrusivos, y es de gran ayuda para la delimitación de unidades litológicas.

Existen más radioelementos que producen radiación gamma por ejemplo Co-60, Ru-103, Mo-99, I-131, Ar-41 y Kr-88; pero no ha sido posible realizar pruebas por la falta de muestras, quedando la aplicación de este método abierta a la ocurrencia de radioelementos que generen radiación gamma.

## **“Geofísica Internacional”: 47 años de vida**

**Silvia Zueck**

Editora técnica Geofísica Internacional

Se describen los 47 años de trayectoria histórica de la revista científica Geofísica Internacional la cual es auspiciada por el Instituto de Geofísica en favor de la Unión Geofísica Mexicana. Se muestran algunos documentos históricos relacionados con su fundación.

Se describen los cambios realizados durante tres periodos que abarcan desde 1961 al 2008 de publicación ininterrumpida, lo que la coloca como una de las revistas científicas más antiguas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

A lo largo de las más de cuatro décadas y media, Geofísica Internacional ha sido el medio por el cual la comunidad geofísica mexicana y de Iberoamérica ha publicado diversos artículos de diferentes disciplinas relacionadas con las Ciencias de la Tierra y abordando temáticas de tipo regional que por su contenido no tendrían cabida en otras publicaciones.

Se muestran estadísticas relacionadas con los artículos publicados en los dos últimos años, así como las principales bases de datos en la que se encuentra en los diversos portales de Internet más importantes de Iberoamérica, así como los directorios internacionales en donde se puede consultar de manera gratuita.

Se muestra el portal de Internet del Science Citation Index Expanded en donde se pueden consultar los artículos a partir del 2007.

## **El Año Internacional del Planeta Tierra**

**Jaime Urrutia Fucugauchi**

Comité Nacional de Festejos del Año Internacional del Planeta Tierra

The International Year of Planet Earth (IYPE) started as a joint initiative by UNESCO and IUGS with the participation of several geosciences organizations, and developed into a major program in geosciences with the inclusion and participation of national committees. In this presentation we focus on current activities and plans in our country, and participation in the international activities. The Mexican community has been a part of the international programs starting with the International Geophysical Year and continuing through its participation in the Upper Mantle, Geodynamics and Lithosphere Projects. IYPE activities this year have concentrated in publications and organization of conferences and meetings. A book series on Earth Science Experiments for Children has been defined, with the first books published. Books are distributed to school children, with 10,000 copies of each given free. Publications include articles in science magazines and special issues of 'El Faro'. Special events include Conference of IYPE Executive Director on the IYPE initiative presented during the International Day of Science Museums in May 2007 in the Museum Universum. This was followed by a 'Planet Earth' Week. In May 2007 we had the AGU Joint Assembly, with strong international participation from USA, Canada, Europe, Latin America and elsewhere. In February 2008, we had the Opening Ceremonies in UNESCO, Paris, and in parallel in other countries, including Mexico. Several congresses have

included IYPE in the program. Number of institutions from different parts of the country participating in IYPE has increased. The Latin America Launching Ceremony took place in Brazil, with strong participation from the Board and national committees. Current plans include an electronic open-access publication, additional publications of Planet Earth series, articles and special issues in journals and magazines, and events on selected themes from the IYPE science program, particularly Megacities, Hazards, Resources and Life. Involvement in international activities includes translation into Spanish of IYPE publications and participation in joint programs. Plans in Mexico include edition of commemorative stamps and coins, and special graphics and artistic materials. In addition, IYPE should result in initiatives for enhancing international cooperation and to ensure increased effective use of geosciences by society.

## **Tectonics along the western margin of Mexico revealed by seismic surveys**

**Robert W. Clayton**

Geological and Planetary Sciences, Caltech

In the past five years there have been several seismic surveys along the western margin of Mexico that have provided images of the tectonic processes that shape this plate margin. These surveys have spanned zones of active spreading in the Gulf of California and subduction in central and southern Mexico. They have provided detail on the state of the crust, lithosphere and asthenosphere, as well as images of the slabs and ridges. In this presentation, results from these deployments will be shown along with some preliminary results of correlations that are used to interpolate between them.

## **El mercado petrolero mundial en manos de los productores y empresas estatales**

**Miguel García Reyes**

Sección de Posgrado e Investigación, ESIA-Ticomán, Ciencias de la Tierra, IPN  
Centro de Investigaciones Geopolíticas en Energía y Medio Ambiente, A.C.

A partir del 1980 y hasta el año 2000, con el avance de las fuerzas de la derecha en Estados Unidos, la Unión Soviética, Gran Bretaña, Alemania, y en algunas naciones latinoamericanas, como es el caso de México, predominaron a nivel planetario, la globalización y el neoliberalismo. Es entonces cuando el Estado comenzó a ser sustituido, en la labor gubernamental, por las transnacionales, locales y extranjeras.

Durante esas dos décadas, en el caso del mercado petrolero mundial, este, estuvo bajo el control de las multinacionales petroleras, sobre todo las estadounidenses. Eso provocó que las empresas petroleras estatales, como PEMEX, PDVSA, PETROBRAS, GAZPROM y ROSNEFT, fueran sometidas a un fuerte proceso de debilitamiento para que su lugar lo ocuparan las transnacionales del ramo petrolero. Fue tanta la fuerza de las multinacionales en general, que en algunos países estas empresas incidieron en las estructuras gubernamentales nacionales; es el caso por ejemplo de México, donde un empresario, empleado de una transnacional refresquera estadounidense, Vicente Fox Quezada, pudo ser Presidente del país.

Así, tenemos que de 1980 al 2000, la mayoría de las estatales petroleras fueron destruidas por los gobiernos neoliberales, como es el caso de YPF de Argentina o la paraestatal soviética, o en el mejor de los casos privatizadas o semiprivatizadas, como ocurrió con PDVSA de Venezuela y PETROBRAS de Brasil. Cabe destacar que en México, a pesar de los esfuerzos que realizaron los gobiernos de Ernesto Zedillo y Vicente Fox, para privatizar a PEMEX, esta empresa se mantuvo dentro de las estructuras del Estado, aunque con una mayor participación privada en su estructura de inversión, en particular en el sector de la exploración y de la distribución del gas.

En estos años también, debido a la existencia de un orden internacional bipolar, surgido en la década de los sesentas del siglo pasado y que mantuvo a Estados Unidos y a la Unión Soviética en un enfrentamiento constante, el mercado petrolero mundial se mantuvo dividido en dos bloques: uno de ellos era el que apoyaba la URSS y las naciones de la Europa socialista y al que pertenecía de manera nominal la OPEP; el otro, era el que tenía como líder a Estados Unidos y en el que participaban las naciones más ricas del mundo y que son las que más petróleo consumen; estas naciones son miembros además de la Agencia Internacional de Energía, AIE. Cabe destacar que por su poderío económico, este



segundo grupo, a partir de 1991, con la desaparición de la URSS obtuvo el control total del control del mercado petrolero internacional, el cual antes compartía con el grupo que encabezaban los soviéticos.

Sin embargo, en el año 2000, con la aparición de gobiernos nacionalistas en Rusia y Venezuela, que son además poderosos polos energéticos, y debido a que su influencia comenzó a extenderse a lo largo de su periferia, la globalización y el neoliberalismo comenzaron a debilitarse. Asimismo, los países consumidores de petrolero y las grandes transnacionales fueron perdiendo poco a poco el control del mercado petrolero mundial.

Estados Unidos, para detener el avance de los nacionalismos y el declive del proceso globalizador, así como también para detener el ascenso de los países productores de crudo y de gas, que a su vez pretendían obtener el control del mercado mundial de los hidrocarburos, inició una ofensiva internacional que arrancó con los acontecimientos del 11 de septiembre del 2001, en las ciudades de Washington y Nueva York. Con sus invasiones a Afganistán e Irak, de manera temporal, Estados Unidos, logró mantener el Status Quo político, económico, militar, financiero y energético en el planeta, que prevaleció durante las dos décadas anteriores.

Así, a través de una política exterior bélica, Estados Unidos logró mantener la "Pax Americana" durante ocho años más, lo cual alentó a los estadounidenses para que siguieran pensando que su país iba a estar en el poder durante un siglo; de ahí el título de la estrategia geopolítica estadounidense que dio a conocer el grupo de trabajo de George H. Bush, conocida con el nombre de "Proyecto para un Siglo americano". Desafortunadamente, y a pesar de los más de dos trillones de dólares que hasta el momento lleva gastados Estados Unidos en sus guerras e intervenciones en el Asia Central y el Medio Oriente, y ahora también en el Cáucaso, con la guerra de Georgia, la era del imperio estadounidense parece que está llegando a su fin. Con ello, comienza a disolverse también el orden petrolero que prevaleció durante las casi tres décadas pasadas y en la que dominaron las transnacionales petroleras, en particular las estadounidense, y en especial las texanas.

Ahora, con la aparición de un mosaico geopolítico, donde cada vez aparecen más naciones gobernadas por líderes nacionalistas, en particular en América Latina, y en el espacio ex soviético, en el mercado petrolero mundial se presenta la siguiente situación: en el marco del regreso del Estado al control gubernamental, el control de ese mercado está pasando de las naciones consumidoras a las naciones productoras y por lo tanto también a manos de las empresas estatales como son GAZPROM, PDVSA, PETROBRAS, NIOC y ARAMCO, entre otras.

Finalmente, en el marco de estas ideas, valdría la pena preguntarse, qué está pasando en México y en PEMEX. Sobre todo ahora, que están de regreso las paraestatales petroleras al poder mundial; por su fortaleza, nuestra paraestatal debería ser una de las líderes de este movimiento que reivindica el derecho de las naciones productoras de crudo y de gas a beneficiarse de las condiciones que imperan en el mercado petrolero mundial.

Sin embargo, con tristeza y preocupación observamos que en la actualidad, tanto México como su paraestatal petrolera se encuentran en una situación que en Geopolítica se denomina de "Estado colchón"; es decir que hoy ambas se encuentran en medio de dos proyectos hegemónicos regionales que tratan de abarcar el continente americano; uno de ellos es el que encabeza Estados Unidos, con su Alianza para la Seguridad y Prosperidad para América del Norte, y el otro, el que tiene como líder a Venezuela y que se denomina Alternativa Bolivariana para las Américas.

## **La nueva revolución energética**

**Miguel García Reyes**

Sección de Posgrado e Investigación, ESIA-Ticomán, Ciencias de la Tierra, IPN  
Centro de Investigaciones Geopolíticas en Energía y Medio Ambiente, A.C.

En la actualidad, dos factores están cambiando los patrones de consumo energético de la humanidad; uno de ellos es el agotamiento de los campos petroleros tradicionales, como es el caso de Cantarell; esto nos obliga a buscar petróleo en aguas profundas, lo que en consecuencia eleva el precio de este energético; el otro factor es el deterioro ambiental que se refleja en fenómenos como el efecto invernadero, el cambio climático y el agujero en la capa de ozono.

Ante esta situación, las naciones, en especial las desarrolladas, han optado por modificar sus políticas energéticas, favoreciendo ahora el uso del gas natural y las fuentes alternas de energía; entre estas últimas se encuentran el sol, las mareas, el viento y la biomasa. Esto significa que estamos inmersos en un nuevo paradigma energético que será el cuarto en la historia de la humanidad. Antes tuvimos revoluciones energéticas cuando comenzamos a usar el carbón, el petróleo, las fuentes alternas de energía y ahora los biocombustibles.

En este sentido, cabe aclarar que si bien es cierto que las naciones industrializadas disminuirán su consumo de petróleo, esto lo harán sobre todo en el área del transporte y la producción de electricidad ya que en el resto de sus actividades económicas, sobre todo en lo vinculado a la petroquímica, seguirán consumiendo el crudo. Lo anterior, cabe destacar, no ocurrirá en las naciones en vías de industrialización, como es el caso de México, donde se seguirá usando el petróleo en el transporte, en la generación de electricidad y en la petroquímica.

De esta manera, tenemos que el petróleo seguirá siendo un energético indispensable para el desarrollo económico de la sociedad mundial contemporánea. Por esta razón se prevé que para el 2025, se incremente en un 50 % el consumo de crudo. Esto significa que para ese año, el mercado internacional deberá contar cada día con un poco más de 125 millones de barriles de petróleo diarios, la mayoría de los cuales se extraerán del subsuelo del Asia central, el Mar Caspio y el Medio Oriente.

Sin embargo, reiteramos, la mayor parte de este petróleo se consumirá en las naciones subdesarrolladas y en los países asiáticos considerados como la cuarta generación de NIC's, es decir, las naciones de reciente industrialización, llamadas también "naciones gemelas" o centros maquiladores". Por esta razón, tenemos que hoy, las tendencias en el consumo mundial de petróleo, muestran que este hidrocarburo se consume cada vez en mayores volúmenes en el Sudeste asiático, sobre todo en China, la India y Malasia.

Por el contrario, la tendencia en el consumo de petróleo, en el caso de Europa y las naciones de la región de Norteamérica, Estados Unidos y Canadá, es negativa, es decir, en esas regiones se consumen cada vez menos petróleo y más el gas natural y las fuentes alternas de energía. En el caso de Estados Unidos, nación que si cuenta con una Política Pública Energética de Estado, es decir de largo plazo, la transición a las fuentes limpias de energía se inició de manera oficial desde el año 2002, cuando el Vicepresidente de ese país, Dick Cheney recomendó en el documento: "Política Nacional Energética", el uso cada vez mas intensivo de las fuentes alternas de energía, así como también, la búsqueda de nuevas fuentes abastecedores de crudo, para no depender tanto de las tradicionales como es el caso de las naciones del Medio Oriente. Por esta razón, hoy en día en plena campaña electoral para elegir al próximo Presidente de Estados Unidos, ambos candidatos, e inclusive el Presidente George Bush, insisten en promover el uso de las fuentes alternas de energía y en especial de los biocombustibles como son el biodiesel y el bioetanol.

En lo que respecta a los europeos, la mayoría de las naciones que son miembros de la Unión Europea, pero en especial, Alemania, Holanda, Dinamarca, Noruega, España y Finlandia, están inmersas en la aplicación de programas de transición energética para depender cada vez menos del petróleo y más del gas natural y las energías limpias.

En el caso de México, a diferencia de otras naciones subdesarrolladas, que reiteramos están condenadas a seguir usando el petróleo, se está promoviendo el uso de las fuentes alternas de energía y sobre todo de los biocombustibles; en el caso de estos últimos, en particular los que se producen con maíz y caña de azúcar. Sin embargo, vale la pena aclarar que esta disposición de las autoridades mexicanas a promover el uso de fuentes limpias de energía, podría deberse más a presiones de Estados Unidos que a decisiones propias. La razón de esto es que en el próximo relevo gubernamental en Estados Unidos, por cuestiones empresariales, el próximo presidente deberá apoyar la industria ambiental de su país y marginar un tanto a la petrolero y la militar; es decir, deberá girar hacia la "izquierda" del espectro político nacional.

Si esto ocurre, entonces el Senador Barak Obama tendrá que impulsar tanto el uso de fuentes alternas de energías dentro de su país como la venta de tecnologías ambientales en el extranjero. Como se recordará, esto ya ocurrió durante la administración de William Clinton. En este sentido, se puede asegurar que México seguirá siendo una nación receptora segura de las nuevas tecnologías estadounidenses y europeas, en este caso del sector ambiental.

Sesión Regular

# **Climatología, Cambios Climáticos y Atmósfera**

Organizadores:

Gerardo Ruíz Suárez  
René Garduño

CCA-1

### EL EFECTO DEL CAMBIO DEL USO DEL SUELO EN EL CLIMA DE LA ZONA CENTRAL MONTAÑOSA DEL ESTADO DE VERACRUZ

Barradas Miranda Víctor L.<sup>1</sup>, Cervantes Pérez Juan<sup>2</sup>, Muñoz de Jesús Hernández Alma Delia<sup>2</sup> y San Cristóbal Bárbara<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Ecología, UNAM*

<sup>2</sup>*Centro de Ciencias de la Tierra, UV*

vbarrada@ecologia.unam.mx

Se realizó un análisis de los cambios en la precipitación pluvial que se han presentado en la zona central montañosa del estado de Veracruz, auxiliado con el modelo climático de mesoescala MM5. Por un lado, se llevó a cabo una serie de análisis de tendencia de la precipitación pluvial y de frecuencia de nieblas con el fin de determinar si la precipitación pluvial ha aumentado o disminuido y, por el otro, se implementó el modelo MM5 para determinar el cambio climático potencial de la región al cambiar el uso del suelo. Las tendencias de la precipitación a barlovento fueron negativas preferentemente en la época seca, y positivas en la época húmeda, mientras que a barlovento fueron negativas en la época seca. Las tendencias de la frecuencia de nieblas fueron concomitantes con las de precipitación, siendo positivas o negativas a mayores o menores altitudes, respectivamente; producidas probablemente por el cambio del uso del suelo de la región. Esto se refleja en los resultados generados por el modelo MM5 en el que al cambiar el uso del suelo de vegetación original a pastizales se encontraron cambios drásticos de la precipitación y la temperatura del aire distribuidos en toda la región de estudio. Se concluye que en la región ha habido un cambio climático producido principalmente por la transformación que ha sufrido el uso del suelo, aunque probablemente también haya efectos del cambio climático global. Esta investigación se llevó a cabo con apoyo al proyecto con clave SEMARNAT-2004-C01-332.

CCA-2

### UNDERSTANDING THE HYDROCLIMATOLOGY OF THE MOUNTAIN REGION OF SINALOA, MÉXICO

Brito Castillo Luis<sup>1</sup>, Filonov Anatoliy<sup>2</sup>, Tereshchenko Iryna<sup>2</sup>, Palacios Hernández Emilio<sup>2</sup> y Monzón César<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.*

<sup>2</sup>*Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara*

lbrito04@cibnor.mx

The mountain region of Sinaloa is steep complex terrain where elevation abruptly changes reaching its maximum at 2600 m above sea level, and favorable conditions exist for developing convective storms from June to October. However, distribution of rains and streamflows in the region is not uniform both in space and time, and the little information about their seasonality makes very difficult to identify coherent modes of variability. The strong seasonal fluctuations of rains and the development of long-term periods of droughts and floods increase the convolution in understanding the hydroclimatology of the region. Water availability is highly dependent of these features affecting the population inhabited there and 60,000 farmers dedicated to the breeding of 1,600,000 bovines and the farming of 650,000 hectares of non-irrigated land. Furthermore, our ability to

understand the main-production processes of rain and streamflow in the region is limited by the lack of long-term records. Using multiple regression techniques and the available information from the longest seasonal streamflow series in northwest México, reconstruction of streamflows was possible between 1924 and 2000. Homogeneity analysis of the reconstructed series using Student t-test showed a discontinuity in the internal homogeneity of the series, being the mountainous region of Sinaloa the worst example of all, indicating that the period of data is not sufficient to capture all the variability involved. Regionalization of streamflow behavior along the western Sierra Madre Occidental (SMO) using rotated empirical orthogonal functional analysis broadly cluster into two significant regions of spatial coherence to the north and south of the SMO. However headwater catchments that lay mostly in Sinaloa mountain region fail to be classified as being part of some of the elucidated regions. Daily rainfall climatology, i.e. the long-term average per day between 1947 and 2001, of those climate stations with more than 40 yrs of data in northwest México show that recurrent abundant discrete storms develop in the mountain region of Sinaloa partly explaining the failure in that classification. As has been pointed out by other authors, these results mean that surface runoff in the mountain region of Sinaloa may be better correlated with specific features of precipitation such as intensity and duration of discrete storms, than with basin-average or time-average rainfall.

CCA-3

### DINÁMICA DE LA ISLA DE CALOR DE LA CIUDAD DE MÉXICO- HACIA UNA CLIMATOLOGÍA DEL FENÓMENO

Jáuregui Ostos Ernesto

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

ejos@atmosfera.unam.mx

En este trabajo, se analizan las series de temperatura con base en las diez estaciones de la calidad del aire operadas por la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal SIMAT (Sistema de monitoreo atmosférico), antigua RAMA. Asimismo, se utilizan datos de la precipitación extrema del Observatorio perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional. Dicha red de estaciones de la calidad del aire de la ciudad de México, ha cumplido 20 años de operar normalmente. Con este motivo se examinan los cambios en la temperatura y precipitación en el área de estudio. Ambas variables muestran una tendencia positiva. Por lo que concierne al análisis de las isótermas de la temperatura media anual, a largo plazo esta revela que la variación de la temperatura anual por décadas oscila entre 0.613°C (en los suburbios) y 0.246 °C. Las áreas centrales de la ciudad ha tendido a calentarse más rápidamente que el entorno, debido al cambio de suelo originado por la creciente urbanización. En cuanto a la precipitación de nubes convectivas, estas tienden a incrementarse al mismo tiempo, que la frecuencia de eventos extremos de lluvia aumenta.

Asimismo, el calentamiento del aire observado en la capital favorecería, por otra parte a incrementar los niveles de O<sub>3</sub> al aumentar la temperatura. Los cambios observados tienden a inducir una mayor frecuencia de eventos de calor. Los datos de lluvia de la estación Tacubaya, muestran además un incremento en la frecuencia de eventos de precipitación extrema, evidente en la serie de lluvia máxima en 24 hrs. En resumen el examen de la variación espacial y temporal de las series de temperatura de la ciudad capital revela, que el fenómeno de la isla de calor se ha intensificado en un promedio de 2 °C aproximadamente el período de dos décadas (1986-2006). Al mismo tiempo dicho

fenómeno, se ha extendido cubriendo una superficie cada vez mayor. Finalmente se puede concluir que a medida que creció la ciudad capital en extensión (y población) se observó una atmósfera urbana más cálida, lo que podría implicar un aumento de la morbilidad de la población.

Palabras claves: clima urbano, isla de calor, lluvia extrema.

CCA-4

### EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DEL SECTOR FORESTAL EN MÉXICO

Gómez Mendoza Leticia y Magaña Rueda Víctor

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

lgomez@correo.filos.unam.mx

Estudios sobre la vulnerabilidad al cambio climático en las regiones forestales en México apuntan que cerca del 30 por ciento de los bosques disminuirán su distribución. La Estrategia Nacional para el Cambio Climático define una línea de acciones encaminadas a reducir la vulnerabilidad del sector. Sin embargo las actuales políticas públicas de la Conafor y Semarnat no parecen contemplar estrategias concretas para enfrentar el cambio climático en materia de aprovechamiento sustentable, reforestación, combate a incendios y servicios ambientales. Este estudio evalúa la eficiencia de los actuales planes nacionales forestales, la investigación científica al respecto y la comparación con prácticas de países eminentemente forestales.

CCA-5

### ESCENARIOS DE ALTA RESOLUCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

Zermeño Díaz David Maximiliano y Magaña Rueda Víctor

*Universidad Nacional Autónoma de México*

davidm03@hotmail.com

Actualmente existe gran confianza en que el incremento de las concentraciones atmosféricas de GEI producirá cambios en el clima global, particularmente incrementos en la temperatura. Sin embargo la estimación de cómo el aumento de temperatura global se reflejará en cambios a nivel regional es incierto, pues está acompañado de numerosas incertidumbres. Los escenarios regionales presentados en el Cuarto Informe de Evaluación sobre Cambio Climático (IPCC-AR4), se centran en proyecciones de temperatura y precipitación, pero el concepto regional se refiere a extensiones de nivel casi continental, como fue Norte América, Europa o África. Con tal resolución espacial es difícil pasar a la definición de acciones de adaptación para una cuenca o ecosistema particular. Las técnicas de reducción de escala se han desarrollado como puentes entre los resultados obtenidos con modelos de circulación general (GCM) de baja resolución espacial, y aquellos que analizan los potenciales impactos del cambio climático a nivel local.

La generación de escenarios regionales es una tarea que forma parte de la gestión de riesgo ante cambio climático y como tal, requiere considerar cuantitativamente la incertidumbre bajo cada proyección. Ha sido práctica común en los últimos años el utilizar la dispersión entre proyecciones como una medida de la incertidumbre en los escenarios de cambio climático, esta filosofía se sigue en este trabajo a través de considerar la mayoría de las proyecciones.

Se utilizó el esquema Climate Predictability Tool (CPT) para derivar escenarios de alta resolución a partir de las proyecciones de los GCM utilizados en IPCC-AR4. El CPT actúa sobre medias mensuales, para evaluar la actividad de eventos extremos se utilizó el Generador Estocástico de Tiempo Meteorológico.

El cambio climático en México se presenta básicamente como una anomalía positiva en la temperatura y una anomalía negativa en la precipitación. Sin embargo los patrones regionales varían sensiblemente en sus aspectos espaciales. Para la región norte y noroeste de México, se esperan cambios superiores a los 4° C con una incertidumbre menor a 2° C, mientras que en el noreste y sur de México dichos cambios están en el rango de entre 2 y 2.5° C con la misma incertidumbre. El mayor aumento de temperatura en el régimen anual se encuentran en los meses más calurosos climatológicamente. De manera similar, las regiones con la mayor disminución de precipitación son las regiones donde climatológicamente llueve más, como en el sur de México. Sin embargo, las regiones que se verán más afectadas son el oeste y norte de México, ya que la anomalía porcentual supera, en los peores escenarios, el 30% de disminución a finales del presente siglo.

La variabilidad diaria de la temperatura bajo cambio climático se ve aumentada a un ritmo de casi en 0.5° C por década. De esta manera los extremos cálidos serán de mayor magnitud, cerca de 3° C adicionales a mediados del siglo presente y cerca de 6° C para finales del siglo. Los cambios en los eventos extremos de precipitación aumentan su intensidad aunque el número de días con precipitación normal disminuye menor.

CCA-6

### ¿SE HA CALENTADO MÉXICO EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS?

Graef Ziehl Federico, Reyes de la Gala Jorge y Pavia López Edgar

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

fgraef@cicese.mx

Temperaturas máximas y mínimas del aire (Tmax, Tmin) en México se analizan para buscar una señal regional de cambio climático. Los registros de temperatura (T) se dividen en dos periodos: antiguo (1940-1969) y reciente (1970-2004); y en las cuatro estaciones más el promedio anual. Para estos 20 casos, y para cada una de las 1391 estaciones seleccionadas, se construyen series de tiempo y se obtiene su tendencia lineal (m). La significancia estadística de m se probó proponiendo la hipótesis nula  $m = 0$ . El largo de la serie de tiempo (n) considerado para esta prueba fue el n-efectivo que toma en cuenta la correlación interna de T. La hipótesis nula se rechazó en menos de 25% de las estaciones en todos los casos. Los resultados principales son: (1) México se ha calentado durante el periodo reciente, y este calentamiento ha sido más generalizado en Tmax que en Tmin y en verano que en las otras estaciones; (2) México se enfrió durante el periodo antiguo, y este enfriamiento fue más generalizado en invierno que en las otras estaciones; (3) En ninguno de estos casos el fenómeno de El Niño-Oscilación Austral (ENOA) parece jugar un papel directo; (4) En contraste con ENOA, las fases de la Oscilación Decenal del Pacífico (ODP) son consecuentes en ambos casos: ODP en fase cálida prevalece durante el periodo de calentamiento reciente, y ODP en fase fría prevalece durante el periodo de enfriamiento antiguo; finalmente (5) El patrón de las tendencias de temperatura en el noroeste de México muchas veces es diferente al del resto del país.

CCA-7

### MODELACION DEL EFECTO INVERNADERO Y LAS ALTAS TEMPERATURAS DE LA ATMOSFERA SUPERFICIAL DE VENUS

Mendoza Víctor, Garduño López René, Adem Julián y Grutter Michel

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

victor@atmosfera.unam.mx

Un modelo termodinámico del clima ha sido adaptado para simular un mecanismo de calentamiento de la atmósfera baja de Venus. El modelo aplica la ecuación de conservación de energía térmica a una delgada capa del suelo de Venus y a una capa atmosférica de 75 km de espesor, la cual incluye una capa de nubes cuya base esta localizada a 50 km de altura y cuyo espesor es de 20 km. El modelo usa un espectro simplificado de emisión infrarroja de la atmósfera, que incorpora el efecto de ensanchamiento de las bandas de CO<sub>2</sub> por el incremento en la presión. La superficie de Venus y la capa de nubes son consideradas como cuerpos negros para la radiación infrarroja.

Las altas temperaturas (~ 464°C) registradas en la superficie de Venus, a pesar del alto albedo planetario (75%) por su cobertura total de nubes, pueden ser debidas en parte al intenso efecto invernadero causado por la pesada atmósfera que ensancha las bandas de CO<sub>2</sub>. Las nubes que cubren la totalidad del planeta añaden un importante efecto invernadero de 143°C.

CCA-8

### MODELACIÓN DEL AGUA DISPONIBLE EN LA REGIÓN LERMA-SANTIAGO-PACÍFICO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Garduño López René, Mendoza Víctor, Villanueva Urrutia Elba, Oda Berta y Satisteban Martínez Gastón

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

rene@atmosfera.unam.mx

Se estima el volumen de agua disponible (precipitación menos evapotranspiración) per capita en la Región Hidrológica Lerma-Santiago-Pacífico para la actualidad (1976-2000) y para mediados del siglo, tomando en cuenta el cambio climático y el aumento de la población. La estimación se hace con nuestro Modelo Térmico-Hidrológico y con el Modelo de Balance de Agua, cuyas variables de entrada son la temperatura y la precipitación, y cuyos cambios futuros se toman de nuestro Modelo Termodinámico del Clima, de dos modelos de circulación general y de la tendencia climática, bajo dos escenarios de emisiones antropógenas del IPCC o con duplicación del CO<sub>2</sub> atmosférico (condiciones equivalentes). Para el crecimiento demográfico se hace una proyección logística.

Tomando un promedio del clima futuro y según la clasificación de la UNESCO, en cinco de las 24 cuencas de la región (por cierto las más pobladas) se espera una disponibilidad del agua per capita extremadamente baja, en tres muy baja y en otras siete baja.

CCA-9

### VARIACIONES INTRA-ESTACIONALES EN EL CICLO DIURNO DEL VIENTO SUPERFICIAL EN EL SITIO DE CERRO CATEDRAL (MÉXICO)

Álvarez Gasca Oscar y Contreras Hernández Ana Delia

*Universidad Veracruzana*

oalvarez13@gmail.com

Son analizadas las variaciones intra-estacionales del ciclo diario del viento en superficie en el sitio de Cerro Catedral, estado de México. A partir de un periodo anual de datos continuos se determinan patrones de recurrencia en intensidad y dirección. Estos patrones resultaron típicos de vientos de pendiente y forzamiento orográfico local. Se evalúa la exposición del sitio al paso de frentes fríos mediante el factor de asimetría de las isotacas, mientras que las fluctuaciones de intensidad del viento resultaron asociadas a la circulación nocturna. Finalmente, se establecen las configuraciones más probables de las estructuras del viento de tormenta a mitad de verano a partir de las fluctuaciones de dirección en correlación con datos altura.

CCA-10

### THE SEARCH FOR CYCLES IN DAILY RAINFALLS IN NORTHWEST MEXICO

Brito Castillo Luis<sup>1</sup>, Filonov Anatoliy<sup>2</sup>,  
Tereshchenko Iryna<sup>2</sup> y Monzón César<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

<sup>2</sup>Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara

lbrito04@cibnor.mx

Daily rainfall climatology, i.e. the long-term average per day between 1947 and 2001, of those climate stations with more than 40 yrs of data in northwest Mexico, reveals that at latitudes of Nayarit state recurrent storms with more than 10 mm/day develop. These storms are confined at those latitudes and develop at the end of July and through the August, causing a disruption in the occurrence of the Month of Maximum Precipitation (MMP) distribution in northwest Mexico. An analysis of the ENSO effect on these supplementary rains using daily precipitation anomalies, i.e. the difference between daily rainfall and its correspondent daily long-term mean, and averaging the anomalies, per day of the year of the El Niño and La Niña years between 1940 and 2004, shows that El Niño and La Niña modes depict an opposite daily rainfall distribution. El Niño and La Niña modes were retained separately after applying Varimax Rotated Empirical Orthogonal Functional analysis to daily rainfall anomaly series. Differences in intraseasonal variations between Nayarit and Sinaloa regional modes clearly demonstrate that the frequent storms are not only confined to the south at latitudes of Nayarit but also are modulated by ENSO events. However, this modulation is far from being linear. Intent to explore the presence of cycles in daily rainfall anomalies was done applying spectral analysis to regional daily anomaly rainfall series (RDARS) of Baja California Sur, Sinaloa and Nayarit modes. The analysis using Fourier transform methods reveals significant periodicities common to all series. Notable frequencies (cycles per day, cpd) that are coincident in the three series are between 4.4 and 13 cpd, and between 47 and 90 cpd. Estimating the spectral density of the series per year, from June to September, and averaging the resultant frequencies for the entire



period of records (55 years), indicates that high frequencies from 4 to 12 cpd are very stable. However, lower frequencies, i.e. from 47 to 90 cpd, come and down from period to period indicating a very complicated picture. This analysis fails to demonstrate any regularity in the occurrence of local storms at latitudes of Nayarit. Further analysis will be focus on investigating the cause-effect relationship between higher frequencies and the occurrence of time-scale of tropical easterly waves passing south of Mexico, and between lower frequencies and Madden-Julian Oscillation.

CCA-11

### IMPLICACIONES DE LA INTERCEPTACION DE LA NIEBLA EN LA CAPTURA DE AGUA EN UN BOSQUE DE CONIFERAS

Barradas Miranda Víctor L.<sup>1</sup>, Cervantes Pérez Juan<sup>2</sup> y Sánchez Falfan Antonio<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Tierra, UV

vbarrada@ecologia.unam.mx

En los últimos años ha sido muy notoria la gran escasez del agua en el país. Esto es debido a la gran deforestación a la que han sido sujetos los bosques, a su contaminación por las actividades humanas y a una ausencia total de su ahorro, aparte de los efectos del cambio climático global. Por ello, es necesario implementar estrategias para su manejo eficiente y sustentable. El primer paso a dar es la determinación precisa de la cantidad de agua que se encuentre disponible en una región. El método más sencillo de calcular la cantidad de agua disponible en un sitio es el balance hídrico que analiza tanto las entradas como las salidas de agua de un sistema como una cuenca. Aunque siempre se ha reconocido a la precipitación como la entrada principal de agua al sistema, la niebla puede jugar un papel muy importante. El fenómeno de la interceptación de la niebla producida por la vegetación en general y por los árboles en particular proporciona agua al sistema mediante la precipitación indirecta que se establece por el goteo del agua desde el follaje, y el almacenaje en el suelo que se produce al interrumpirse la transpiración. El objetivo de esta investigación fue el de evaluar la interceptación de la niebla en un bosque de pinos en La Joya, Veracruz (19° 38' N, 97° 05' W, 2421 m snm) y esclarecer sus consecuencias en la captura de agua. Para ello, se realizaron mediciones de precipitación dentro y fuera del dosel vegetal en presencia de precipitación pluvial y/o de niebla. Simultáneamente se midió la radiación neta, la temperatura y la humedad del aire, y la intensidad del viento. Seguidamente se calculó la cantidad y el tiempo de la evaporación desde el follaje de los árboles con el modelo de Penman-Monteith. También se midió la transpiración de algunos pinos seleccionados al azar con el método de pulsos calóricos en eventos de niebla y sin ésta. Los resultados mostraron que la cantidad de agua interceptada varió en el tiempo debido posiblemente a las condiciones microclimáticas y a las áreas de captación. La cantidad de agua almacenada en el follaje varió desde 1.2 a 5 mm tardándose en evaporarse de 2 a 4 horas después de cada evento. La cantidad de agua que no se transpiró y quedó posiblemente almacenada en el suelo fue de 0.13 a 1 mm/h. Por otro lado, se encontró que la niebla puede contribuir al balance hídrico hasta con un 50%. Es evidente que la niebla juega un papel muy importante en la captura de agua en este tipo de ecosistemas. En una hectárea de bosque, la cantidad de agua almacenada podría ser de más de 1300 litros de agua en solo una hora que permanezca mojado el follaje. Con estudios de este tipo es posible calcular con más precisión la cantidad de

agua disponible en un sitio para planear con mayor eficiencia el uso del agua. Esta investigación se realizó mediante el proyecto SEMARNAT-2004-C01-332.

CCA-12

### PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA PARA LA RELACIÓN ENTRE LA PRECIPITACIÓN Y EL FENÓMENO DE “EL NIÑO”

Bravo Cabrera José Luis, Gay García Carlos, Estrada Porrúa Francisco, Aspra Romero Enrique y Zarraluqui Such Victor

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

jibravo@atmosfera.unam.mx

El Objetivo de este trabajo es analizar, usando pruebas estadísticas, la significancia de las diferencias de la precipitación entre condiciones de “El Niño”, neutrales y “La Niña” para la época de verano (húmeda), para la de invierno (seca) y considerando la precipitación durante el año completo. Se hace también un análisis de la precipitación en condiciones de Niño neutral. Se usaron los datos proporcionados por la NOAA desde 1950 del Índice Multivariado del El Niño/Oscilación del Sur (MEI) para estimar la presencia e intensidad del fenómeno ENOS y los datos de precipitación se obtuvieron de 349 estaciones climatológicas con 35 a 40 años completos de observaciones tomadas de la base de datos Clicom actualizada para el año 2006. Se ajustaron líneas rectas usando como variable dependiente la precipitación y como variable independiente el valor del MEI. Las pruebas estadísticas usadas fueron la significancia de la regresión y las pruebas no paramétricas de Wilcoxon Mann Whitney y de Kruskal Wallis. Los resultados muestran que durante la ocurrencia de años de Niño la precipitación disminuye en el sur y aumenta significativamente en el norte y noroeste de México. Por el contrario durante años de Niña la precipitación se incrementa al sur y disminuye en la parte norte. En la parte central del país las diferencias con respecto a las condiciones neutrales no son significativas. Si consideramos las épocas de verano e invierno el comportamiento es algo distinto: en veranos de Niño la precipitación disminuye en el sur y parte central y en el norte permanece aproximadamente sin cambios. En condiciones de Niña y verano la precipitación se incrementa en el sur del país. Durante el invierno la precipitación se incrementa en el norte y noroeste en condiciones de Niño y en condiciones de Niña disminuye hacia el sur. La varianza promedio de la precipitación explicada por la variable MEI es apenas de alrededor de 5% y en las regiones del noroeste y sureste la varianza explicada tiene valores máximos de alrededor de 35%. Las pruebas de Wilcoxon Mann Whitney y de Kruskal Wallis ofrecen también resultados de significancia muy baja.

CCA-13

### PATRONES CARACTERÍSTICOS ASOCIADOS CON LOS CAMBIOS EN LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL PACÍFICO TROPICAL NORORIENTAL DURANTE EL VERANO

Romero Centeno Rosario, Raga Graciela y Zavala Hidalgo Jorge

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

rosario@atmosfera.unam.mx

Se analizan los patrones de precipitación, presión atmosférica al nivel del mar, radiación de onda larga y velocidad vertical durante el verano, asociados con cambios en los vientos zonales

cercanos a la superficie sobre el pacífico tropical nororiental (PTN) central (10°N-15°N, 115°W-95°W) en la escalas sinóptica. Se muestra que los vientos del este sobre la región están asociados con un sistema de alta presión sobre el Golfo de México y el sureste de los Estados Unidos, que induce subsidencia e inhibe la convección sobre el oeste del Golfo de México y regiones adyacentes. También se induce la intensificación de los vientos alisios del Caribe Occidental y los jets de Tehuantepec y Papagayo. Los vientos del este sobre el PTN central están asociados con una reducción de transportes de vapor del Océano Pacífico a las costas adyacentes del sur de México y Centroamérica y con un desplazamiento hacia el oeste de la convección profunda y la precipitación. Este patrón general está relacionado con la sequía del medio verano observado en algunas regiones del este del PTN, sur de México y Centroamérica.

CCA-14

### **ANÁLISIS DEL EVENTO METEOROLÓGICO RELACIONADO CON LA INUNDACIÓN DE OCTUBRE DEL 2007 EN TABASCO**

López Méndez Valentín, Zavala Hidalgo Jorge, Romero Centeno Rosario y Fernández Eguiarte Agustín

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

valentin@atmosfera.unam.mx

Entre los días 23 de octubre y 1 de noviembre del 2007 un evento meteorológico extremo causó daños en la región sureste de México. Una masa de aire frío proveniente de Estados Unidos penetró en México causando severos daños en tierra así como en las plataformas petroleras del Golfo de México. En la región sureste se registraron dos eventos extremos de precipitación; el primer evento, entre los días 23 y 25 de octubre, mientras el frente frío cruzó la región; el segundo evento, entre el 28 de octubre y el 1 de nov, resultado de la interacción del frente frío con un sistema de baja presión tropical localizado en el Mar Caribe. La precipitación acumulada alcanzó más de 1000 mm en algunas regiones montañosas (sumando los dos eventos de precipitación) provocando el desbordamiento del río Grijalva que a su vez causó una inundación sobre el estado de Tabasco. En el Golfo de México la intensidad de los vientos registrados alcanzó más de 90 km/h afectando las plataformas petroleras, los daños fueron evaluados en 7 billones de dólares. Ambos eventos extremos son reproducidos con el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) al realizar simulaciones en modo pronóstico con 72 horas de anticipación. Las precipitaciones acumuladas obtenidas con el modelo se comparan con observaciones puntuales de algunas estaciones meteorológicas de la región, mientras que los vientos sobre el Golfo de México se comparan con datos de boyas pertenecientes al National Bouy Data Center (NDBC). Los resultados muestran un gran transporte de humedad hacia la región del Istmo de Tehuantepec asociado a la formación de un jet en el frente que al interactuar con la zona montañosa causó la precipitación extrema. La correlación entre las variables pronosticadas y observadas es alta, además de que el modelo delimitó bien las regiones con mayor precipitación acumulada.

CCA-15

### **MODELACIÓN DE UNA ESTACIÓN CICLÓNICA DEL ATLÁNTICO TROPICAL CON EL MODELO REGCM**

Cruz Pastrana Daniela y Caetano Ernesto

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

daniela@atmosfera.unam.mx

El clima de México durante el verano, dada su posición geográfica, es modulada por la actividad de sistemas tropicales, entre los que destacan las ondas del este y ciclones tropicales.

La implementación de un modelo climático regional en el Atlántico tropical y en México permitirá el estudio de la dinámica de los fenómenos que afectan las lluvias durante el verano y su variabilidad decadal.

El modelo RegCM es un modelo climático regional, compresible, con coordenadas verticales sigma, que utiliza las ecuaciones primitivas, al cual incorporaron parametrizaciones de esquemas de precipitación convectiva e interacción océano-atmósfera, entre otras específicas para estudios climáticos regionales.

En este trabajo se presentan resultados de los análisis de los experimentos del modelo RegCM para la región del Atlántico tropical durante la estación ciclónica activa del 2005. Se comparan estos resultados con los registros observados para evaluar la predictibilidad de estos sistemas tropicales. Estudios preliminares muestran que el modelo tiene un adecuado comportamiento en la simulación de ciclones y en la actividad de ondas del este, en el periodo en la región de estudio.

CCA-16

### **DIAGNOSTICO DE LAS CONDICIONES OCEANICAS SUPERFICIALES ASOCIADAS A LA INTENSIFICACIÓN DE HURACANES EN MARES MEXICANOS**

Hernández Olivares Aldo Omar y Sánchez Montante Orzo

*Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, IPN*

aldoolivares@hotmail.com

Las condiciones oceánicas superficiales asociadas a la intensificación de huracanes históricos han sido identificadas en la región de estudio durante las estaciones de 1993-2007, utilizando datos satelitales de altimetría y temperatura superficial del mar en correlación con la base de datos históricos de la evolución de huracanes. La región de estudio incluye tanto la región del Pacífico tropical del este, entre la costa centroamericana y los 120°W, como la región norte del mar Caribe y del Golfo de México en su totalidad.

Para el análisis se han considerado únicamente aquellos huracanes que se hayan disipado dentro de la región de estudio, con principal interés en aquellos que han remontado la región continental. Mediante un algoritmo computacional de búsqueda sistemática se ha identificado, para cada huracán del periodo de estudio, el campo inmediatamente anterior de cada variable de diagnóstico (SST, SSH), de mayor proximidad a las fechas de evolución del huracán sobre su trayectoria. Así mismo se ha identificado en cada campo anterior el valor de cada una de las variables de diagnóstico en las coordenadas longitud/latitud de la trayectoria bórica. El conjunto de valores identificados para cada huracán en la fecha de máxima intensidad del viento y/o

de mínima presión definen en conjunto las condiciones oceánicas superficiales sobre las cuales se presentó la mayor intensidad alcanzada. Las variables de diagnóstico de las condiciones oceánicas superficiales son obtenidas de las bases de datos de sensores de altimetría y microondas satelital.

La comparación entre los resultados obtenidos en forma independiente entre ambas regiones, Pacífico Mexicano y MIA, muestran que la temperatura superficial del mar favorece la intensificación de huracanes en los MIA, no así en el Pacífico Mexicano. En contraparte la altura dinámica del nivel mar no se presenta necesariamente como una variable determinante de la intensidad del huracán. Resultado que se contrapone a las diversas investigaciones que reportan, en casos específicos de huracán, una correlación local con estructuras dinámicas de alto contenido de calor (mayor elevación del nivel del mar).

CCA-17

### RESULTADOS RECIENTES DEL EFECTO DE UN VORTICE CICLONICO ASIMETRICO SOBRE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR EN EL GOLFO DE MEXICO

Villanuava Urrutia Elba E., Mendoza Víctor y Adem Julián

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

eevu@atmosfera.unam.mx

Un modelo de alta resolución (10km) basado en las ecuaciones de conservación de energía térmica y de energía mecánica, las cuales se integran verticalmente en la capa de mezcla del Golfo de México, es aplicado para calcular el transporte turbulento vertical de calor a través de la termoclina y los flujos de calor en la superficie del mar inducidos por un forzamiento similar al de un huracán.

Para generar el viento del huracán en la superficie marina, usamos un modelo matemático de un vórtice asimétrico, en donde la posición, el viento máximo tangencial, el radio de vientos máximos y el ángulo de asimetría son tomados del Huracán Lili, el cual cruzó el Golfo de México al oeste de la Corriente de Lazo entre el 30 de Septiembre y el 4 de Octubre de 2002.

Los datos de temperatura del aire, presión al nivel del mar, humedad relativa y nubosidad, necesarios para correr el modelo son tomados de los Reanálisis de Norte América de 32km de resolución (NARR/NCEP).

Los resultados muestran que el principal mecanismo de enfriamiento de la superficie marina es la penetración de agua fría desde la termoclina que se produce por el fuerte viento ciclónico.

CCA-18

### EL CICLO DIURNO DE LA EVAPORACIÓN NATURAL

Pavia López Edgar

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

epavia@cicese.mx

Los modelos de evaporación natural proponen que la cantidad de vapor transportada de regreso a la atmósfera, desde un cuerpo de agua o una superficie húmeda, es principalmente función de una o varias variables meteorológicas, tales como: humedad relativa, temperatura del aire, radiación solar y rapidez del viento. Comúnmente estas variables tienen un ciclo diurno

(más notablemente radiación solar y temperatura del aire) y por lo tanto también lo tiene la evaporación natural. En este trabajo aproximamos experimentalmente este último ciclo pesando continuamente una charola de evaporación y estimando la tasa de evaporación por peso diferencial cada cinco minutos. Estos experimentos sugieren que para climas templados (primavera y verano 2008 en la cercanía de 32° N, 117° W), y para capas delgadas de agua y arena húmeda saturada, el ciclo diurno de la evaporación natural es casi exclusivamente dependiente del ciclo diurno de la radiación solar, y que un nuevo número de proporcionalidad de Dalton entre la razón de evaporación y la radiación solar es del orden de (10 a la -10) metros cúbicos por Watt por segundo.

CCA-19

### VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LA SEQUÍA METEOROLÓGICA EN MÉXICO

Méndez Pérez Juan Matías y Magaña Rueda Víctor

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

matias@atmosfera.unam.mx

En este trabajo, basado en una malla regular de precipitación mensual para los últimos 100 años, se documenta la estructura de importantes eventos de sequía meteorológica durante el verano en México. De este análisis se identifica que las sequías más severas en México se caracterizan por un dipolo norte-sur: con un patrón seco (húmedo) en el norte de México mientras que el sur se encuentra húmedo (seco).

Se examinan las variaciones de baja frecuencia en precipitación y los potenciales mecanismos forzantes de la sequía meteorológica sobre la región de estudio. En este trabajo se identifica a la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO, por sus siglas en inglés) y a la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés) como los elementos moduladores de sequías severas de duración multianual. Finalmente, se encuentra que la actividad de las ondas del este puede ser un proceso a través del cual las anomalías de la temperatura de la superficie del mar, asociadas con AMO, puede reflejar las variaciones de precipitación sobre México.

CCA-20

### DESVIACIONES EN LAS ESTIMACIONES DE LLUVIA CON RADAR DOPPLER POR ANOMALÍAS DE VELOCIDADES DE GOTAS

Montero Martínez Guillermo<sup>1</sup> y García García Fernando<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

gmontero@atmosfera.unam.mx

El radar es considerado actualmente como uno de los instrumentos más adecuados para la observación de la atmósfera. Además, el avance de la tecnología ha permitido que las aplicaciones de este instrumento vayan aumentando de manera considerable. Los radares operacionales más modernos son aquellos con tecnología Doppler, con los cuales se puede detectar el movimiento de las partículas de precipitación y la intensidad de cualquier evento. Esto permite determinar la estructura de las nubes y su potencial para producir lluvias

extremas. No obstante, se sabe que algunas de las deficiencias de la metodología del radar son causadas por suposiciones no completamente fundamentadas. Tal es el caso de asumir que todas las gotas de lluvia caen a su respectiva velocidad terminal, o a velocidades muy cercanas a la misma.

En el presente trabajo se muestran mediciones de velocidades de gotas de lluvia en las que se observan desviaciones importantes de la velocidad de caída de gotas con respecto a su velocidad terminal. También se muestra que la cantidad de gotas que caen con velocidades diferentes aumenta con la intensidad de precipitación. Las implicaciones de dichas observaciones pueden ser considerables no solo para las estimaciones de intensidad de precipitación con radares Doppler, sino además en los algoritmos para la clasificación de hidrometeoros.

CCA-21

### EL MITO LOS CAÑONES ANTIGRANIZO

García García Fernando

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

ffgg@atmosfera.unam.mx

La costumbre de disparar cargas de cañón a las nubes para ahuyentar las tormentas de granizo data del siglo XVI. Es sin embargo hasta finales del siglo XIX cuando su utilización se hace extensiva en Europa, gracias a una floreciente industria para su fabricación que se basó en "hipótesis científicas" de funcionamiento no probadas. A principios del siglo XX, la utilización de dicha tecnología cayó en desuso al obtenerse resultados no concluyentes y aún contradictorios de su efectividad, pero renació nuevamente después de la Segunda Guerra Mundial y prevalece hasta nuestros días en todo el mundo.

La efectividad de los cañones antigranizo a base de pólvora, dinamita o acetileno, entre otras sustancias explosivas, se basa en hipótesis de trabajo que van desde la idea de que las ondas sónicas y de choque producidas por dichos instrumentos destruyen las partículas de granizo en la nube, hasta hipótesis que argumentan la modificación de la dinámica de la nube, pasando por ideas de siembra de núcleos de condensación de nube e ionización de la atmósfera.

En el presente trabajo se discuten las diferentes hipótesis de funcionamiento de los cañones antigranizo que se han presentado a lo largo de la historia, y se concluye que todas ellas son fácilmente refutables. Algunas de estas pruebas se conocen desde antes de la Primera Guerra Mundial y, sin embargo, han caído en el olvido o han sido utilizadas de forma falaz para justificar y promover la venta y comercialización de dichos instrumentos.

CCA-22

### ESTUDIO NUMÉRICO DE UNA TORMENTA DE ARENA INDUCIDA POR VIENTOS EXTREMOS EN UNA REGIÓN AGRÍCOLA DEL ALTIPLANO MEXICANO

Pineda Martínez Luis F.<sup>1</sup>, Carbajal Noel<sup>1</sup>, Noyola Medrano Cristina<sup>1</sup>, Campos Ramos Arturo<sup>2</sup> y Aragón Piña Antonio<sup>2</sup>

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

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

lpineda@ipicyt.edu.mx

En este trabajo investigamos la incidencia de una tormenta de arena en las zonas áridas del altiplano mexicano. Este evento de erosión recurrente ocasiona pérdida de suelo por los fuertes vientos asociados al paso de frentes fríos. El cambio de cobertura vegetal ha convertido estas regiones, ahora agrícolas, en fuentes de arena extraordinarias. Por medio de imágenes de satélite, datos de monitoreo y modelación numérica investigamos el impacto regional de una tormenta de arena inducida por vientos fuertes durante el paso de un frente frío el 18 de Marzo del 2008. Se muestra como una banda de altas concentraciones de material particulado se propaga en la atmósfera a través de una topografía compleja en el altiplano, en la Sierra Madre Oriental y en la región del Golfo de México, afectando a la ciudad de Monterrey, Nuevo León. En esta simulación numérica estimamos que la cantidad de suelo perdido fue del orden de 30481.9 ton en la fracción menor a 10 micras.

CCA-23

### APLICACIÓN DE LAS FUNCIONES DE INFLUENCIA Y LA PROGRAMACIÓN LINEAL EN EL CONTROL A CORTO PLAZO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Parra Guevara David y Skiba Yuri N.

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

pdavid@atmosfera.unam.mx

La contaminación del aire existe en todas las escalas desde lo extremadamente local hasta lo global. En cada escala los eventos de contaminación tienen diferentes características determinadas por la forma y la ubicación de las fuentes contaminantes, la reactividad de las sustancias emitidas y las condiciones de dispersión atmosférica (viento, turbulencia, etc.). Un elemento común en todos estos eventos es que la mezcla de los contaminantes primarios y secundarios ocasiona una amplia gama de efectos adversos en las personas y en los ecosistemas, los cuales van desde la irritación de las vías respiratorias y reacciones asmáticas en los seres humanos, hasta el deterioro de los bosques, la acidificación de los cuerpos de agua y el cambio climático global.

Desafortunadamente, este tipo de fenómeno subsistirá en el mediano plazo debido a que el consumo de los combustibles fósiles (principal fuente de la contaminación atmosférica) no tendrá un cambio sustancial en las próximas décadas (BP statistical review of world energy-2007). Por tal motivo, es necesario crear programas complementarios de control de emisiones a corto (CECP) y largo plazo (CELP).

En el CELP se planifica la reducción de las emisiones con base en un periodo anual y con el fin de acotar el número de días al año en que se violan algunas normas de la calidad del aire [1]. Por otra parte, en el CECP se establecen criterios

cuantitativos y cualitativos para reducir las emisiones durante los episodios de mala dispersión atmosférica (inversiones térmicas) que favorecen la acumulación excesiva de los contaminantes durante algunas horas. Este tipo de programa se diseña para mantener la concentración promedio de cada contaminante por debajo de la norma ambiental respectiva hasta que existan mejores condiciones de dispersión [2].

En este trabajo se presenta un modelo de programación lineal (MPL) que define factores de amortiguamiento sobre las emisiones contaminantes en el contexto del CECP. La función objetivo por minimizar representa el costo de la aplicación del control. Para determinar las restricciones del problema de optimización se considera un modelo de dispersión para sustancias pasivas tridimensional bien formulado y el correspondiente modelo adjunto. Las funciones de influencia (soluciones adjuntas) permiten establecer las restricciones ecológicas en forma integral a través del principio de dualidad para la concentración promedio de cada contaminante [3]. Se muestran algunas características del MPL (el cual se resuelve a través del método simplex) y ejemplos sintéticos de su aplicación. Finalmente, se describe una forma de aplicar esta técnica de control interpretando los coeficientes de la matriz de restricciones como coeficientes de transferencia, lo cual permite usar modelos de dispersión más generales.

#### Referencias

[1] Greenberg, H. J., Mathematical programming models for environmental quality control. *Operations Research*, 43 (4), 578-622, 1995.

[2] Parra-Guevara, D. and Y.N. Skiba, On optimal solution of an inverse air pollution problem: Theory and numerical approach. *Mathematical and Computer Modelling*, Elsevier, 43, 7-8, 766-778, 2006.

[3] Skiba, Y.N. and D. Parra-Guevara, Pollution level assessment and control of emission rates. In: *Progress in Air Pollution Research*. Nova Science Publishers, Inc., N.Y., USA, 219-260, 2007.

CCA-24

### MODELACIÓN DE ALTA RESOLUCIÓN DE LA METEOROLOGÍA URBANA EN UNA ZONA DEL VALLE DE MÉXICO

Vázquez Morales Williams<sup>1</sup>, Jazcilevich Diamant Aron<sup>1</sup>, Caetano Ernesto<sup>1</sup>, García Reynoso Agustín<sup>1</sup> y Bornstein Robert<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Universidad Estatal de San José, CA

williams@atmosfera.unam.mx

Los modelos numéricos son una herramienta empleada en el estudio de la calidad del aire y meteorología, sin embargo en nuestra experiencia y de otros investigadores, se han encontrado que existen desviaciones consistentes entre los resultados de velocidad de los vientos modelados y los medidos. Esto genera un gran problema en los resultados de dispersión de contaminantes, debido a que se genera entre otros problemas, mayor dilución.

Investigadores de la climatología de ambientes urbanos, atribuyen este problema a la falta de un término de arrastre en la ecuación de momento, y términos como el balance energético antropogénico y humedad entre otros. Entonces, la presencia de edificios, árboles, calles y al uso de suelo urbano tiene que ser cuidadosamente parametrizados para incluir éstos efectos.

En el 2002 Dupont et al., desarrolló el modelo DA-SM2-U (Drag Approach Soil Model 2 Urban) comúnmente llamado uMM5. La cual es una extensión de la versión estándar del modelo MM5, pero que incluye la morfología urbana de la región para representar los efectos provocados por la urbanización en los flujos atmosféricos. Los nuevos parámetros son incluidos en las diferentes ecuaciones del modelo como es la ecuación de momento, energía cinética turbulenta (TKE), de humedad, balance térmico, y balance de energía radiativo. Parámetros como el albedo, emisividad, capacidades caloríficas son incluidos.

uMM5 ha sido implementado con gran éxito en ciudades como Philadelphia y Houston para estudios de la isla de calor urbano, auxiliándose sistemas de percepción remota como Lidar para generar la morfología urbana de la zona.

La morfología urbana debe ser parametrizada por altura promedio de las construcciones, densidad de área construida, con cubierta vegetal, techos de las construcciones, dosel de vegetación, fachadas, proporción entre ancho y alto de las construcciones y de la vegetación, etc.

Teniendo como antecedente lo anterior y con la finalidad de estudiar la capa límite urbana, se implementó uMM5 en una zona de la Ciudad de México. Debido a la complejidad en la obtención de los datos de entrada necesarios para el modelo uMM5, por ahora, se seleccionó un área de modelación relativamente pequeña en el campus de Ciudad Universitaria (de 3.5 x 3.5 km). Se empleó una resolución de 0.5 km y se comparó el desempeño de los modelos uMM5 y MM5 con datos observados en dos ambientes del dominio de modelación: un área urbanizada y un jardín urbano. Estos datos fueron obtenidos mediante una campaña de mediciones donde se emplearon globos cautivos, estaciones meteorológicas.

Las alturas de los edificios fueron medidos directamente, mientras que los otros parámetros de morfología urbana fueron adoptados de un estudio en una zona similar.

Los resultados mostraron que el modelo MM5 sobrepredice las intensidades de viento, mientras que uMM5 capta con fidelidad esta variable. En general, se constató que el modelo uMM5 representa en forma adecuada los efectos meteorológicos a microescala.

En conjunto con el Instituto de Geografía, empleando imágenes satelitales, software como GIS, etc., se está obteniendo la morfología urbana de la zona de estudio, con la cual se realizara las nuevas modelaciones.

CCA-25

### NIVELES CRÍTICOS DE OZONO Y OXÍGENO IMPAR EN LA CORONA DE CIUDADES DEL CENTRO DE MÉXICO Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES ENTRE SUS CUENCAS ATMOSFÉRICAS

Ruiz Suárez Luis<sup>1</sup>, Martínez Ana Patricia<sup>2</sup>, Torres Jardón Ricardo<sup>1</sup>, Torres Jaramillo Jorge Alejandro<sup>1</sup>, Morales Bertha Eugenia<sup>1</sup> y García Reynoso Agustín<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental, Instituto Nacional de Ecología

ruixs@unam.mx

Se utilizan diferentes métodos de interpolar datos de concentraciones de ozono y oxígeno impar (O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>) en

superficie, así como valores pico y excedencias acumulativas del valor de umbral AOT40 para construir mapas de niveles críticos para el centro de México. La mayor parte de los datos se colectaron de las redes de monitoreo de calidad del aire de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Puebla y Toluca durante un periodo coincidente con la campaña MILAGRO donde otras 12 estaciones móviles de monitoreo fueron desplegadas en sitios límite entre lo urbano y rural. La colección de datos fue complementada con datos obtenidos en los estados de México y Morelos durante campañas cortas durante 2005, 2006 y 2007 en aproximadamente durante el mismo mes del año que MILAGRO. Los mapas se comparan con mapas resultado de la modelación numérica de la calidad del aire en la región. Se presentan también datos de campañas cortas en sitios rurales usando la unidad móvil del grupo de Físicoquímica Atmosférica del CCA.

CCA-26

### **CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, ÓPTICA Y QUÍMICA DE PARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS MUESTREADAS EN EL SITIO T1 DE LA CAMPAÑA MILAGRO**

Carabali Sandoval Giovanni<sup>1</sup>, Castro Romero Telma<sup>1</sup>, Mamani Paco Rubén<sup>1</sup>, Trujillo Balter<sup>2</sup> y Herrera Eduardo<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.

gealcasa@gmail.com

La mayoría de partículas atmosféricas finas con diámetros menores de 2.5  $\mu\text{m}$ , se generan en los procesos de combustión y son liberadas a la atmósfera como agregados en forma de cadenas, cuyo elemento principal es el carbono. Estas partículas pueden permanecer suspendidas en el aire durante días o semanas y pueden llegar a ser transportadas cientos de kilómetros. Durante este tiempo, la partícula interacciona con otras, sufriendo cambios en sus propiedades físicas y químicas. Las nuevas partículas formadas se denominan secundarias o envejecidas y se caracterizan por presentar cambios en composición, tamaño, morfología y propiedades ópticas.

En este trabajo se realizó la caracterización morfológica, óptica y química (elemental) de partículas atmosféricas, muestreadas en el sitio T1 (Tecámac, Estado de México) de la campaña MILAGRO. El objetivo de este estudio, fue determinar si el sitio de muestreo es afectado por partículas transportadas en la pluma de contaminantes desde la Ciudad de México. Para lograr esto, se muestrearon partículas con diámetros de 0.18  $\mu\text{m}$ , 0.32  $\mu\text{m}$ , 0.56  $\mu\text{m}$ , 1.0  $\mu\text{m}$  y 1.8  $\mu\text{m}$ . Se analizó su composición química y morfología, usando un microscopio electrónico de transmisión (TEM, por sus siglas en inglés). Las propiedades ópticas de las partículas fueron medidas in situ usando equipos que reportan la información en tiempo real.

Los resultados indican que la atmósfera del sitio T1 fue afectada por partículas transportadas en la pluma procedente de la Ciudad de México. Esto se hace evidente cuando se considera la concentración y las propiedades ópticas de las partículas en los días afectados por la pluma de contaminantes. Por otro lado, mediante el análisis morfológico, se pudo estudiar el proceso de envejecimiento de partícula durante un día, encontrándose la presencia de este tipo de partículas en el sitio T1, que provienen de afuera o se originaron localmente.

CCA-27

### **VALORACION DEL INDICE DE LAVADO DEL SO<sub>2</sub> Y NO<sub>2</sub> EN EL VALLE DE ATEMAJAC [VAT] EN SU CORRELACIÓN COMO DEPOSICIÓN HÚMEDA EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS COMO SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> Y NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, EN UNA DÉCADA DE OBSERVACIONES**

Fuentes García Miguel, Álvarez Pozos Sandra, Gómez Salazar Sergio y Rentería Urquiza Maitee

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara

q.miguel.fuentes@gmail.com

La temporada de lluvias para el valle de Atemajac [VAT] ocurre en los meses de Junio-Octubre, en donde a finales de los setentas la lluvia a manifestado su carácter ácido, presencia casi atribuida por el crecimiento de la zona metropolitana de Guadalajara ZMG, así como por las emisiones, dispersión y transporte de contaminantes. En este trabajo se evalúa la acidez (pH) de las precipitaciones en el periodo 1994-2005 durante la temporada de lluvias, en el que se determinan sulfatos y nitratos utilizando (APHA-AWWA-WPCF, 1992) en 17 puntos de muestreo, relacionando su interdependencia con sus contaminantes primarios SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> monitoreados por la red SEMADES de contaminantes atmosféricos. Aplicando la técnica de análisis multivariado, así como la aplicación del coeficiente empírico de lavado (Figueroa, 2001). Los resultados muestran un barrido de distribución de valores en toda la extensión del valle entre los puntos de monitoreo. En la aplicación del coeficiente empírico para estos dos factores se tiene que de las 3,350 toneladas del SO<sub>2</sub> y 35,000 toneladas de NO<sub>2</sub> emitidos a la atmósfera por época, son lavados 306 de [SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>] y 1470 toneladas de [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] con una eficiencia de lavado y transformación de 9.1% y 4.2% respectivamente. La técnica aplicada permite valorar puntos críticos y inferir situaciones estadísticas sobre el VAT, pero solo son un indicio de la problemática y una parte de la forma integral de estudiar la contaminación atmosférica.

CCA-28

### **EMISIONES Y CAPTURAS DE CARBONO (CO<sub>2</sub> Y CH<sub>4</sub>) EN DOS ECOSISTEMAS COSTEROS DEL PACIFICO TROPICAL GUERRERO, MÉXICO**

Mendoza Mojica Manuel

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

mmanuel@atmosfera.unam.mx

Se presenta trabajo sobre las emisiones y capturas de carbono en ecosistemas costeros. Se realizaron mediciones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> en dos lagunas costeras del estado de Guerrero, México. Una con influencia urbana (laguna de Tres Palos) y otra sin influencia urbana aparente (laguna de Chautengo).

La Laguna de Tres Palos está situada en la región de la Costa Chica del estado de Guerrero, a 25 Km al Este del Puerto de Acapulco. Se localiza entre los 99° 38" y 99° 47" de Longitud Oeste, y los 16° 43" y 16° 48" de Latitud Norte.

La laguna de Chautengo está situada en la región de la Costa Chica entre los municipios de Copala y Florencio Villareal a 100 km de Acapulco y se localiza a los 16° 37'56" y 16° 36'47" de latitud norte y los 99° 05' 54" de longitud Oeste.

Las mediciones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> se hicieron en aire de superficie, agua de superficie y agua de fondo de ambas lagunas.

Los análisis se realizaron en un cromatógrafo de gases series 6890 de Agilent acoplado a un metanizador, con detector FID, columna empacada Porapak-Q y se utilizó nitrógeno (N<sub>2</sub>) como gas acarreador. Para la curva de calibración se usaron dos estándares de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> certificados.

Los resultados obtenidos en Chautengo fueron: 0.67 ppm de CH<sub>4</sub> en gas de superficie, 14.93 ppm en agua de superficie y 15.05 ppm en agua de fondo; 24.20 ppm de CO<sub>2</sub> en gas de superficie, 665.71d ppm en agua de superficie, y 1083.37 ppm en agua de fondo. Para Tres Palos encontramos concentraciones de 114.18 ppm de CH<sub>4</sub> en gas de superficie, 47.04 ppm en agua de superficie y 48.92 ppm en agua de fondo; -78.99 ppm de CO<sub>2</sub> en gas de superficie, 3078.38 ppm en agua de superficie y 2851.8 ppm en agua de fondo.

Esto indica un comportamiento de flujo de metano hacia la atmósfera en Tres Palos y un equilibrio de la emisión y captura en Chautengo.

Por otra parte, Tres Palos funciona principalmente como un sumidero de dióxido de carbono, mientras que Chautengo tiene un flujo moderado hacia la atmósfera.

De acuerdo con estos resultados la laguna de Tres Palos podría considerarse como un ecosistema que favorece el proceso de mitigación del cambio climático en esta región costera del Pacífico tropical.

CCA-29 CARTEL

### CAMBIO CLIMÁTICO Y ACTIVIDAD SOLAR EN EL HOLOCENO

Ocampo Ríos Brenda Grisset<sup>1</sup> y Velasco Herrera Víctor Manuel<sup>2</sup>

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

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

brendit@gmail.com

El tema del cambio climático ha sido de gran interés en las últimas décadas debido a las implicaciones biológicas. Se pueden estudiar las variaciones climáticas del pasado por medio de indicadores indirectos de temperatura (proxies) que nos ayuden a comprender el comportamiento actual de tales cambios. Hoy en día, es debatido el efecto del Sol sobre el clima terrestre, ya que el grado de comprensión de éste es muy bajo.

Para analizar los efectos que tiene el Sol sobre la Tierra, en este trabajo se muestra el análisis espectral de las series temporales de los isótopos de oxígeno, los cuales son indicadores de paleotemperaturas, durante el Holoceno, período que comprende los últimos 10,000 años y que se caracteriza por tener cambios climáticos abruptos con una considerable complejidad. Este estudio se hace con ayuda de la Transformada Wavelet; la cual es una herramienta muy útil ya que proporciona información en el dominio del tiempo y la frecuencia; de manera que se encuentran periodicidades que se pueden correlacionar con indicadores de la actividad solar, como es el caso de las manchas solares.

Los resultados presentados en este trabajo muestran diversas periodicidades que coinciden con picos de actividad solar, lo que podría sugerir al Sol como posible modulador de la temperatura terrestre.

CCA-30 CARTEL

### TENDENCIAS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL TERRESTRE CON LA ACTIVIDAD SOLAR

Hernández López Liz Edith y Velasco Herrera Víctor Manuel

Instituto de Geofísica, UNAM

lizbasket@gmail.com

En los últimos años la discusión del papel del Sol en el Cambio Climático es un tema de gran polémica. De acuerdo a los reportes del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) de la Organización de las Naciones Unidas, el grado de comprensión científica del papel del Sol es muy bajo, de hecho solo se le considera como uno de los factores de calentamiento y no se le considera como factor de enfriamiento. La dinámica del campo magnético solar es fundamental para comprender el comportamiento de gran parte de nuestro sistema solar, incluyendo muchos de los fenómenos en la Tierra y su entorno cercano. Es por eso que es necesario comprender las relaciones Sol-Tierra, para comprender los fenómenos actuales y proyectar diferentes escenarios en los próximos años. En este trabajo se analizó espectralmente las series de tiempo de las temperaturas superficiales y número de manchas solares (como indicador directo de la actividad solar) con la Transformada Wavelet, que es una de las herramientas matemáticas desarrolladas a finales del siglo XX y que se utiliza para estudiar la evolución de las periodicidades en el tiempo. El objetivo de este trabajo es correlacionar las diferentes periodicidades que presenta la actividad solar con las temperaturas superficiales terrestres de ambos hemisferios a partir de los datos instrumentales de temperatura que abarcan desde 1856. Los resultados presentados en este trabajo muestran que la actividad magnética solar es posiblemente uno de los moduladores de la temperatura terrestre.

CCA-31 CARTEL

### ANÁLISIS DE ALBEDO A PARTIR DE DATOS MODIS

Bonifaz Alfonso Roberto<sup>1</sup>, Valdés Barrón Mauro<sup>1</sup> y Hernández Jose Luis<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Facultad de Filosofía y Letras

bonifaz@servidor.unam.mx

El conocimiento del albedo es un parámetro fundamental para caracterizar las

propiedades ópticas de la superficie de la Tierra; ésta caracterización se vuelve crítica, cuando la aplicación a desarrollar depende directamente de la reflectancia de la superficie, tal es el caso de la medición de la radiación solar en su espectro visible, pues si no se conoce el comportamiento óptico, se podría estar sobrevalorando o subvalorando la irradiación solar en superficie. El sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) provee periódicamente datos de albedo a nivel global, calculados para cielo claro "white sky" y cielo oscuro "black sky" en 10 longitudes de onda con una resolución espacial de 1Km cada 16 días. Se describe el procedimiento de obtención y

procesamiento preliminar de los datos, para conocer el comportamiento espacial y

temporal del albedo en la república mexicana, con el objeto de zonificar en base al comportamiento diferencial óptico de su superficie.

CCA-32 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN DEL AEROSOL ATMOSFÉRICO POR MEDIO DE DATOS MODIS

Bonifaz Alfonso Roberto y Valdés Barrón Mauro

*Instituto de Geofísica, UNAM*

bonifaz@servidor.unam.mx

Los aerosoles atmosféricos, afectan el balance de radiación de la Tierra a través de sus efectos directos e indirectos por lo que la caracterización de los mismos es muy importante por su contribución a los estudios de cambio climático. La magnitud de la fuerza radiativa de los aerosoles es una de las mas grandes incertidumbres en el entendimiento del clima y en las habilidades para estimar cambios futuros. Sin un conocimiento detallado de la variabilidad espacial y temporal de los aerosoles, los errores en los modelos de predicción del cambio climático se mantienen inaceptablemente altos. Las plataformas orbitales Terra y Aqua llevan a bordo el instrumento MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) que cubre diariamente la superficie terrestre adquiriendo datos de irradiancia en 36 bandas espectrales en un rango entre las longitudes de onda 0.405 – 14.385  $\mu\text{m}$  (Xu, et al. 2005). Generan entre otros productos finales datos de aerosoles atmosféricos a una resolución espacial de 10 km (datos nivel 2) que incluyen: grosor óptico del aerosol (AOT o  $\tau_a$ ) a 0.47, 0.55 y 0.66  $\mu\text{m}$  de longitudes de onda sobre tierra y a 0.47, 0.55, 0.66, 0.87, 1.2, 1.6 y 2.1  $\mu\text{m}$  sobre el océano, exponente Ångström ( $\alpha$ ) sobre tierra y océanos, el radio efectivo (Reff) y la fracción contribuida por el modo pequeño sobre el océano (Remer et al, 2002). Se presentan resultados preliminares de éstos productos para la república mexicana y la correlación con mediciones obtenidas con dos fotómetros CIMEL y un MICROTOPS II en las ciudades de México D.F. y Hermosillo Son.

CCA-33 CARTEL

### APLICACIÓN DE ESPECTROSCOPIA FTIR DE ABSORCIÓN SOLAR Y LUNAR PARA LA DETERMINACIÓN EN COLUMNA DE CO EN LA CAPA DE MEZCLA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Ortega Martínez Ivan, Stremme Wolfgang y Grutter Michel

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

rottenound@gmail.com

El problema de la contaminación ambiental en la ciudad de México ha sido reconocido desde 1960 y se monitorea en superficie rutinariamente desde 1970 con la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA). Entre los principales gases detectables se encuentra el CO, el cual es una molécula que juega un papel importante en la química y composición de la atmósfera.

Mediciones de espectroscopia de absorción muestran la tendencia de la columna de CO en la capa de mezcla durante el periodo de octubre del 2007 y febrero del 2008 con un espectrómetro por transformada de Fourier con una resolución de 0.5  $\text{cm}^{-1}$ , utilizando la luz del sol y la luna para el día y la noche respectivamente.

Las mediciones fueron hechas en el Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la UNAM (2260 msnm, 19.33 N, 99.18 O). La recuperación de la columna de CO de fondo (background) fueron hechas en Altzomoni (4000 msnm, 19.12 N, 98.65 O) en una atmósfera limpia y a gran altitud. Los espectros obtenidos son analizados con el código de recuperación SFIT2.

La serie en tiempo obtenido en la columna de CO junto con las mediciones en superficie obtenidas por RAMA permiten el cálculo de la altura de la capa de mezcla. La columna total de CO sobre la ciudad varía significativamente de un día a otro. Estas variaciones junto con las mediciones en superficie de CO y la velocidad y dirección del viento se estima la emisión de CO en la ciudad.

Series en tiempo de columna total de CO derivados de mediciones con espectroscopia han sido reportados para diferentes países, pero en México es la primera vez y esta nueva técnica permite estimar la contribución de la ciudad a la contaminación global así como validación de satélites.

CCA-34 CARTEL

### ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER MODELING

Shnaydman Volf<sup>1</sup> y Tereshchenko Iryna<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Environmental Science,  
State New Jersey University, USA*

<sup>2</sup>*Departamento de Física, Universidad de Guadalajara*

volf@envsci.rutgers.edu

Atmospheric boundary layer (ABL) simulation is based on the solution of hydrodynamic equation system which includes the equations of motion, heat and moisture inputs in adiabatic approximation. These equations include the turbulence terms and need the turbulence closure. The turbulence closure uses the two-equation closure with the equations of turbulent kinetic energy (TKE), dissipation rate (epsilon) and Kolmogorov-Prandtl (KP) relationship for vertical turbulence coefficient (k)

The closed system are written in the framework of K-theory turbulence for the non-stationary, stratified, incompressible, baroclinic ABL in hydrostatic and adiabatic approximations.

To a first approximation the inertial acceleration terms (the terms on the left in (1-7) could be neglected compared to the Coriolis force and pressure gradient force terms. Outside the boundary layer the resulting approximation is simply geostrophic balance. In the boundary layer the inertial terms are still small compared to the Coriolis force and pressure gradient force terms, but the turbulent terms must be included. Thus, to a first approximation the ABL equations express a three-way balance among the unknown Coriolis force, vertical turbulent momentum flux divergence the pressure gradient force given. This three-way balance is the base of one-dimensional model which describes the most important mechanisms of ABL vertical structure.

We simplify the ABL simulation with the introduction the components of shear stress vector. in the motion equations and the turbulence closure scheme.

We use the non-dimensional variables in the form to construct the convenient numerical algorithm for calculation turbulent momentum flux, components of the wind vector and turbulence parameters.

This algorithm allows to obtain the relationship between internal and external universal turbulence characteristics.



We consider the numerical solution of main equations. We approximate these equations by finite difference discretization and solve numerically.

We focus the attention to write the mentioned equations in such linear and finite difference form which keeps the conditions of numerical stability of algebraic equation solution.

The additional constraints appeared for the numerical solution of TKE and epsilon equations. The linear and finite-difference forms of these equations were constructed in such a way that the criteria of stability and positive numerical solution were fulfilled.

The input information of ABL simulation program contains the following data in the calculation points: Heights of the isobaric surfaces 1000, 925, 850 and 750 gPa above the sea level (geopotential); Temperature, the zonal and meridian wind components on these surfaces; Geopotential derivatives in zonal (x) and meridian (y) directions; Coriolis parameter; Height of topography.

The output information contains: Turbulence parameters; Potential temperatures; Zonal and meridian wind components.

So the developed model and formulated numerical algorithm reconstruct the vertical structure of ABL by using the results of the meteorological field objective analysis.

CCA-35 CARTEL

### **APLICACIÓN DEL ÍNDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN (SPI) EN LA DETECCIÓN DE SEQUÍAS HISTÓRICAS EN MÉXICO (1920-2000)**

Galván Ortiz Luis Manuel

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

cohuat09@yahoo.com.mx

Los registros recientes (1995-2003) reflejan que los mayores daños en la agricultura ocasionados por desastres naturales son de origen hidrometeorológico, principalmente asociados con sequías (AGROASEMEX, 2006)

La ausencia de precipitaciones pluviales en el territorio nacional ha producido a lo largo de los años diversos perjuicios, sobre todo en las zonas agrícolas, donde es frecuente la pérdida de cosechas y hatos ganaderos, lo que repercute en el deterioro económico de la población afectada y, en casos extremos, induce a la pauperización de la población (Bitrán, 2001).

La presente investigación documenta los periodos de sequía que han afectado al territorio nacional durante el período 1920-2000, utilizando el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI). El SPI representa el número de desviaciones estándar que cada registro de precipitación se desvía del promedio histórico. Se toma en cuenta los parámetros más importantes para la identificación de sequías: distribución, duración e intensidad.

Se puede obtener el SPI para diferentes escalas de tiempo, las más utilizadas son de 3, 6, 12 y 24-meses. La escala temporal de 24 meses expone de buena manera los períodos tanto húmedos como secos de larga duración y de mayor intensidad, motivo por el cual el análisis de este trabajo se basó en la interpretación de gráficas SPI 24-meses.

Se identificaron los periodos de sequía con una duración multianual y multidecadal, dejando de lado las que presentan duración menor de dos años.

La base de datos que se utilizó, corresponde a la misma que maneja el North American Drought Monitor (NADM) para el monitoreo de la sequía en México, Estados Unidos y Canadá. Ésta se compone de 132 estaciones climáticas distribuidas en todo el territorio nacional.

Durante el periodo de estudio se identificaron nueve sequías importantes por su distribución, duración e intensidad, de las cuales cinco se presentaron en la mayor parte del territorio mexicano (de 65 a 93%), alcanzando la intensidad extrema y severa dentro de las escalas propuestas por el NADM 2002.

CCA-36 CARTEL

### **MONITORING OF THE DESERTIFICATION OF THE DROUGHTY GROUNDS CAUSED BY CLIMATE**

Zolotokrylin Alexander<sup>1</sup> y Tereshchenko Iryna<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Climatology Laboratory, Institute of Geography  
Russian Academy of Sciences, Russia*

<sup>2</sup>*Centro Universitario de Ciencias Exactas  
e Ingenierías, Universidad de Guadalajara*

zgoldfinch@mtu-net.ru

Experimental and modelling reasons for the benefit of a hypothesis revealing the mechanism of distribution of climatic desertification are displayed. According to one hypothesis, climatic desertification is the result of interaction of regional degradation processes of the droughty grounds in a climatic system with feedback albedo-deposits. Climatic desertification is supported by a positive feedback when radiating regulation of temperature of the droughty grounds dominates over negative correlation between albedo and temperature of a surface. Changes in quantity and frequency of deposits act as an external regulator of this positive feedback. It is shown that desertification is defined not only by the decrease in quantity of precipitation, but also by a reduction of their frequency. During the last decades the anthropogenous degradation of the droughty grounds, as additional regulator of a positive feedback, has increased. In the case of dominating evapotranspiration regulations for temperature of the droughty grounds with positive correlation between albedo and temperature of a surface, with distribution of positive feedback albedo-deposits, it has been inferred negative. Switching of a positive feedback on negative and back is determined by a condition of the vegetative cover responsible for mechanisms surface temperature regulation. For the threshold value of green vegetative mass and its NDVI AVHRR, the indicator is determined. Below this indicator the negative feedback is switched on positive. Anthropogenous degradation of vegetation accelerates achievement of the threshold value for vegetative mass and, hence, the distribution of climatic desertification: the area dominated by climatic desertification, a territory where in most cases green vegetative mass in a seasonal and interannual course becomes less than the threshold value. Results of monitoring of climatic desertification with the help of NDVI AVHRR, the indicator in different droughty regions for the period of 1982-2007, are analyzed.

CCA-37 CARTEL

### ESTIMACION DEL BALANCE HIDRICO EN LA ZONA CENTRAL MONTAÑOSA DEL ESTADO DE VERACRUZ

Ballinas Oseguera Monica<sup>1 y 2</sup>, Pereyra Diaz Domitilo<sup>3</sup> y Barradas Miranda Víctor L.<sup>1</sup>

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

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

<sup>3</sup>Facultad de Instrumentación Eléctrica y Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana

monik\_v13@hotmail.com

La escasez del agua en el mundo es cada vez más notable, por la sobreexplotación humana y por cambios en el régimen de lluvias debido al cambio climático global. Esta investigación se enfocó en el estudio del balance hídrico (BH) tomando en cuenta solamente la precipitación y la evapotranspiración (ET). La ET se estimó en la región central montañosa mediante el modelo de Penman-Monteith que requiere de variables ambientales y fisiológicas. Estas variables se midieron en dos sitios de la región: La Joya y La Orduña, Ver., para posteriormente estimar BH en función de los diferentes usos del suelo entre los que destacan los bosques mesófilos, de pino-encino y de pinos con algunos cultivos como la caña de azúcar y el pasto para cría de ganado.

Los resultados muestran que la ET estimada y medida es alta, sin embargo al contrastarla con la precipitación pluvial hubo ganancias netas de 533.8 y 526.5 mm en La Joya y La Orduña, respectivamente, de septiembre de 2006 a agosto de 2007 si bien, en general, al parecer no existen déficits hídricos en las dos localidades estudiadas, en los meses de la época seca la ganancia de agua es muy baja (octubre-mayo), nula o negativa como sucedió en marzo en los dos sitios. Es evidente que marzo y abril fueron los dos meses con la menor oferta de agua siendo esta de -3.1 y 1.74 mm, y 3.8 y 11.16 mm en La Orduña y La Joya, respectivamente. La precipitación anual en La Orduña fue de 1266.4 mm, mientras que en La Joya fue de 1318.9 mm.

Estos resultados nos muestran la necesidad de la implementación de un plan efectivo de manejo del mencionado recurso pues en la época seca la disponibilidad del recurso es muy baja. Probablemente una forma de evadir esta escasez es la construcción de embalses, en sitios estratégicos de la región, donde se almacene una gran cantidad de agua y que sea disponible durante la época seca. Por otro lado, este tipo de estudios también permiten planear y establecer sistemas forestales más eficientes en el uso del agua.

Esta investigación se realizó con apoyo al proyecto con clave SEMARNAT-2004-C01-332.

CCA-38 CARTEL

### ALGUNOS MECANISMOS DE FORZAMIENTO QUE INDUCEN LA SEQUIA DE MEDIO VERANO EN MEXICO Y CENTROAMERICA

Oda Berta, Mendoza Víctor y Adem Julián

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

oda@atmosfera.unam.mx

De la literatura se han escogido dos trabajos recientes: S. Curtis (2004) y R.J.O. Small, et al. (2007), los cuales exponen diferentes hipótesis acerca de los mecanismos que inducen la

sequía de medio verano (MSD, siglas del inglés), para después exponer otra versión tomada de un artículo que es de los más antiguos en el tema (Mosiño P. y E. García, 1974).

Curtis encuentra que las lluvias de verano en las regiones de Guatemala y El Salvador son las más fuertemente bimodales que las de cualquier otra región; en estas dos regiones las precipitaciones nocturnas comparadas al medio verano son 25% más intensas al principio y final del verano, mientras que las precipitaciones diurnas se mantienen más o menos constante durante toda la estación.

Curtis propone que la MSD en Centroamérica es un fenómeno puramente local dominado por el contraste térmico tierra mar. Esta idea es parcialmente contraria a la de Small et al., quien propone forzamientos de gran escala, como la extensión hacia el Golfo de México de las altas presiones del Atlántico y Pacífico por el decremento de la baja térmica al norte de Estados Unidos durante la MSD.

Nuestro trabajo preliminar de la MSD, sobre la alberca de agua caliente de las Américas, propone un mecanismo local de interacción océano-atmósfera y además un forzamiento de gran escala, en donde los sistemas semipermanentes de alta presión regulan la humedad atmosférica superficial, fundamental para las condiciones de inestabilidad atmosférica en esta región.

CCA-39 CARTEL

### ESTIMACION DE LLUVIA POR MEDIO DE LA OCURRENCIA DE RAYOS EN EL ESTADO DE SONORA

Minjarez Sosa Carlos<sup>1</sup>, Tapia Elia<sup>2</sup>, Cummins Kenneth<sup>3</sup> y Murphy Martin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Sonora

<sup>2</sup>Departamento de Geología, Universidad de Sonora

<sup>3</sup>Atmospheric Sciences Department, University of Arizona, USA

<sup>4</sup>Vaisala Inc.

minjarez@email.arizona.edu

La correlación entre ocurrencia de rayos y precipitación ha sido estudiada por varios autores. Particularmente se ha encontrado que la correlación existe en lluvias de tipo convectivo y bajo ciertas condiciones físicas que aún se investigan. La importancia de esta relación radica en que esta puede ser utilizada como un método alternativo para la estimación de lluvia, especialmente en donde se tiene poca cobertura de pluviómetros y/o donde la estimación de Radar es pobre.

El Estado de Sonora se caracteriza por ser una zona semidesértica en donde más del 70 por ciento de su precipitación ocurre durante la temporada del monzón, el cual se caracteriza por tener lluvias de tipo convectivo que suelen ser intensas y cuantiosas.

Utilizando los datos de las estaciones meteorológicas de la Comisión Nacional del Agua (CNA) y los datos de la Red Nacional de Detección de Relámpagos de Estados Unidos (NLDN, por sus siglas en inglés), se presentará un estudio de la relación de la lluvia y la ocurrencia de rayos para el Estado de Sonora, se encontrarán las zonas en donde la correlación entre las variables sea significativa y se estimará la precipitación por área utilizando los resultados obtenidos.

CCA-40 CARTEL

### VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA MARINA QUE PROPICIÓ LA TRAYECTORIA DEL HURACÁN "DEAN" SOBRE EL GOLFO DE MÉXICO EN 2007

Gómez Ramírez Mario

Facultad de Economía, Universidad Veracruzana

xalapamar@yahoo.com.mx

Los ciclones tropicales son fenómenos marinos con interacción atmosférica, que se forman en aguas cálidas de por lo menos 27°C. La temperatura superficial del mar es la fuente de alimentación de los fenómenos ciclónicos y cuando se origina alguno, se observan cambios en la distribución espacial de la temperatura en las aguas marinas por donde el sistema desarrolla su trayectoria.

El 1<sup>o</sup> de junio inicia la temporada de ciclones tropicales en el Océano Atlántico, que también cubre las aguas del Mar de Las Antillas y Golfo de México y culmina ya avanzado el otoño. Durante cada temporada la costa oriental de la República Mexicana esta expuesta a los embates de los ciclones tropicales que se forma en dichas cuencas, como aconteció con el huracán "Dean", que además tuvo la característica de un típico Cabo Verde y el primero que impacta en la costa veracruzana en más de 150 años.

El ciclón tropical "Dean" se formó como producto de evolución rápida de una onda tropical que generó la cuarta depresión tropical de la temporada el 13 de agosto de 2007 en el Océano Atlántico Norte, cercano a las Islas Cabo Verde en 12.20° de latitud norte y 28.90° de longitud oeste y una presión central de 1006 milibares. (<http://www.nhc.noaa.gov/2007atlan.shtml>). En su avance al occidente se intensificó a huracán categoría 1 en la escala de Saffir-Simpson en 13.40° de latitud norte y 52.30° de longitud oeste y entró al Mar Caribe el día 17. Continuó su trayectoria e impactó en tierra sobre el litoral oriental de Quintana Roo como huracán categoría 5 en la escala de Saffir-Simpson en 18.50° de latitud norte y 86.80° de longitud oeste y siguió por el sur la Península de Yucatán hasta alcanzar la parte oeste de Campeche. El día 21 el huracán "Dean" con categoría 1 en la escala de Saffir-Simpson alcanzó las aguas del sur del Golfo de México en el sureste de la Sonda de Campeche en 19.40° de latitud norte y 91.30° de longitud oeste que reunían una temperatura superficial del mar (TSM) de 28°C y una anomalía (ATSM) de +2°C. Siguió su recorrido al noroeste sobre la cuenca del Golfo de México con la misma intensidad y el día 22 impactó sobre el suroeste de la barra de Tecolutla en la costa del norte de Veracruz en 20.60° de latitud norte y 96.30° de longitud oeste como huracán categoría 2 en la escala de Saffir-Simpson con vientos máximos sostenidos de 155 km/h y presión central de 979 milibares. A su paso consumió energía que se reflejó en la variación de la distribución puntual de la TSM entre 1°C y 2°C y la ATSM descendió entre -1°C y -2°C y en los días subsiguientes al entrar a tierra, la fluctuación que se tuvo fue más marcada hasta que paulatinamente se restableció.

Los datos se obtuvieron mediante el seguimiento diario y puntual de la trayectoria de "Dean" a través del análisis de imágenes satelitales.

CCA-41 CARTEL

### VARIACIÓN DEL 14C MODERNO PARA MÉXICO: AVANCES EN LA GENERACIÓN DE LA PRIMERA CURVA DE CALIBRACIÓN

González Hernández Galia<sup>1</sup>, Beramendi Orosco Laura E.<sup>2</sup> y Villanueva Díaz José<sup>3</sup><sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNAM<sup>3</sup>Laboratorio Nacional de Dendrocronología, INIFAP

galia@geofisica.unam.mx

Durante el siglo XX se dieron cambios importantes en la actividad atmosférica de Radiocarbono (14C). Por un lado, hubo una disminución de alrededor de 20 ‰ como consecuencia de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivado de los combustibles fósiles, denominado Efecto Suess. Por otro lado, se registró un aumento de 1000 ‰ en los años 50's y 60's, como resultado de los ensayos nucleares, conocido como 14C post-bomba.

A partir de registros internacionales de 14C generados del monitoreo de 14C atmosférico y del 14C determinado en anillos de árboles se han construido curvas para diferentes regiones del planeta, haciendo notorio que el patrón de variación de 14C moderno cambia según la latitud y la longitud, como consecuencia de que la mayoría de los ensayos nucleares se realizaron en altas latitudes del hemisferio norte (HN) y de los patrones de circulación atmosférica. Dichas curvas dividen al HN en tres zonas, ubicando a México en la zona 2, delimitada por los 40° N y la posición de verano de la zona de convergencia intertropical (ZCIT). Sin embargo el patrón de variación del 14C para esta región no incluye ninguna muestra proveniente de México, no obstante que se tienen importantes centros urbanos e industriales, así como volcanes activos, emitiendo cantidades importantes de CO<sub>2</sub> libre de 14C.

El presente trabajo expone los avances obtenidos en la generación del patrón de variación de 14C moderno para México a partir de la determinación del 14C en anillos de crecimiento de árboles.

A partir de una sección transversal de un ejemplar de Abeto (*Pseudotsuga Menziensis*), proveniente de la Sierra Madre Occidental, se obtuvo una secuencia de anillos datada por dendrocronología para el periodo 1940-2004. El sitio de muestreo, un bosque mixto de coníferas con clima subtropical, está localizado lejos de zonas volcánicas y de emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub>, con el fin de poder evaluar la variación de 14C sin efectos de dilución local.

Los anillos anuales, separados en madera temprana y tardía, fueron sometidos a un proceso de molienda y limpieza química. La determinación de la actividad de 14C se realiza empleando el método de Espectrometría de Centelleo Líquido en el Laboratorio Universitario de Radiocarbono de la UNAM, y el método de Espectrometría de Aceleración de Masas en el Centro Nacional de Aceleradores de España. Los análisis para la determinación de <sup>13</sup>C se realizan en el Laboratorio de Espectrometría de Masas de Isótopos Estables del Instituto de Geología, UNAM.

Los resultados preliminares obtenidos para la secuencia de anillos de crecimiento para el primer ejemplar analizado sugieren que el patrón de variación de 14C moderno para México es más próximo a la zona 3 del HN, comprendida entre la posición de verano de la ZCIT y el Ecuador.

La escala temporal de alta precisión que se obtenga como resultado de este proyecto constituye un valioso aporte para

los estudios relacionados con la generación de cronologías de contaminación, así como con estudios de reconstrucciones climáticas, de manejo sustentable de recursos forestales, de contribución al inventario de emisiones.

CCA-42 CARTEL

### **MODELO PARA ESTIMAR LA PRODUCCIÓN DE METANO GENERADO EN EMBALSES HIDROELÉCTRICOS**

Jarquín Javier Yazmin, Ruiz Suárez Luis y Parra Guevara David

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

yazmin@atmosfera.unam.mx

En las últimas décadas la generación de Gases Efecto Invernadero (GEI), es un fenómeno que ha ido cobrando mayor importancia dentro de la problemática del cambio climático. Investigaciones recientes han demostrado que las presas hidroeléctricas también pueden ser consideradas como fuentes de producción de estos gases, especialmente metano y dióxido de carbono. Esta problemática ha comenzado a ser estudiada en algunos países de Europa y América Latina, a partir de mediciones que han demostrado que estos gases se originan en gran parte, debido al decaimiento de materia orgánica dentro del embalse como consecuencia de la existencia de zonas donde las cantidades de oxígeno disminuyen, y cuyas emisiones generalmente son entre 5 y 20 veces más altas en los embalses ubicados en zonas tropicales, que los de zonas boreales (Internacional River Network, 2002;).

Tomando en cuenta las características de solubilidad de estos gases, y que el metano es un gas mucho más poderoso que el bióxido de carbono (Internacional River Network, 2002;), y dado que en México aún no existen estudios que aborden esta problemática, el objetivo del presente estudio, fue proponer un modelo matemático, que permitiera representar el proceso de producción de metano generado en este tipo de fuentes. Para lograr dicho objetivo, se tomo como fuente de información el Estudio de manifestación de Impacto Ambiental, del Proyecto para la construcción de la Hidroeléctrica "La Parota"; se identificaron los factores que contribuyen al proceso de formación de este gas en cada uno de los estratos térmicos del embalse, se recopilaron datos de nutrientes acumulados, tanto orgánicos como inorgánicos y se obtuvieron características de calidad fisicoquímica y biológica de la cuenca donde se ubicara el embalse.

Toda la información recopilada se almacenó y manipuló en una base de datos georeferenciada, utilizando un Sistema de Información Geográfica ARCGIS 8.3. Finalmente se llevo a cabo el proceso de estructuración del modelo, proceso que se dividió en dos etapas: La primera consistió en establecer las ecuaciones matemáticas que definieron los procesos bioquímicos en diferentes profundidades del embalse, el análisis de la cinética de las reacciones de cada estrato, y su integración con el proceso de difusión, con lo anterior se formo un modelo conceptual que permitió la identificación de entidades y sus atributos. La segunda parte consistió en definir el conjunto de sentencias utilizando técnicas de programación en MATLAB 7.6 para la construcción del modelo computacional, obteniéndose como resultado un modelo unidimensional apto para su ejecución en un ordenador, que describe el comportamiento del metano a través de los diferentes estratos térmicos en la vertical "z", así como la variación que sufre bajo diferentes condiciones estacionales.

Lo anterior permitió obtener un estimado de la producción de metano que puede generarse en un embalse hidroeléctrico y

emitirse a la atmósfera, logrando también una sistematización de información al integrar en el modelo de simulación, los procesos físico-químicos y biológicos involucrados en las emisiones de metano. Sirviendo además, de base para la modelación de los demás gases efecto invernadero.

CCA-43 CARTEL

### **EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE OZONO Y ÁCIDO NÍTRICO A LO LARGO DEL CORREDOR BIOLÓGICO AJUSCO-SIERRA CHICHINAUTZIN**

Cardona Sánchez Ronaldo, Ruiz Suárez Luís y Torres Jardón Ricardo

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

ronaldo1180@gmail.com

En las últimas tres décadas se han detectado evidencias de deterioro agudo y crónico de varias especies forestales, en algunos puntos de la barrera orográfica del sur de la Cuenca del Valle de México, que se atribuyen a oxidantes fotoquímicos, transportados corriente abajo por vientos dominantes, de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). Sin embargo, poco se sabe sobre las dosis y el alcance geográfico que estos contaminantes tienen. Con el objetivo de documentar las concentraciones de las especies fotoquímicas trasladadas en parcelas de aire que arriban a la zona boscosa del sur de esta ciudad, y evaluar el desempeño de modelos de simulación de calidad del aire en zonas rurales viento abajo de la ZMCM, se ha planteado un programa de monitoreo de la dosis y distribución espacial de ozono (O<sub>3</sub>) y ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), en cinco sitios del corredor Biológico Ajusco-Chichinautzin mediante el uso de sistemas de monitoreo pasivo. Los sitios son: Parque Nacional Desierto de los Leones, Parque Ejidal San Nicolás de Totolapan; Parres, y la Sede CICITEC del IPN, y Parque La gran Palapa ubicados en la reserva forestal de Milpa Alta. Todos los sitios se ubican por arriba de los 800 metros sobre el nivel medio de la ZMCM y sus características locales los ubican como sitios receptores naturales de parcelas de aire. Los monitores pasivos para O<sub>3</sub> consisten en una modificación de muestreadores tipo "Badge" (3M modelo 3500), de 30.5 mm de diámetro y 10.5 mm de largo, cuyo medio de colección es un filtro de celulosa (Whatman Pall Corporation) impregnado con solución acuosa de nitrato de sodio al 1% p/v, carbonato de sodio 2% p/v y glicerol al 10% v/v. Para el HNO<sub>3</sub> se utiliza un muestreador pasivo diseñado por el U.S. Forest, de 47 mm de diámetro y 7,8 mm de largo cuyo medio de colección consiste en un filtro de nylon (Pall Corporation). Ambos sistemas incluyen barreras de difusión para partículas permeables a los gases de interés y cubiertas de polipropileno para minimizar los efectos del flujo turbulento y lluvia sobre la eficiencia de colección. Los monitores son expuestos durante periodos continuos de 15 días, al final del cual son trasladados al laboratorio en donde por cromatografía de intercambio aniónico, se determina la dosis equivalente expresada como ión nitrato para O<sub>3</sub> y HNO<sub>3</sub> en cada sitio. Los resultados para ozono son comparados con datos de monitoreo continuo registrados por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico y mediante un análisis de interpolación objetiva se determina la distribución espacial para este contaminante. En el caso del HNO<sub>3</sub>, dado que no se realiza el monitoreo específico para esta especie, sólo se determina el gradiente de concentraciones a lo largo del corredor biológico. Se presentan los resultados de la primera fase del estudio. Este estudio forma parte del Proyecto PAPITT (IN118706): Relación Ciudad-Bosque en el Centro de México (Trazadores e Indicadores de Reactividad Fotoquímica y Especiación de Emisiones Biogénicas).

CCA-44 CARTEL

## **EFFECTOS PROVOCADOS POR EMISIONES DE SO<sub>2</sub> Y CENIZA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL SOBRE LA CONTAMINACIÓN DE FONDO DE LA CIUDAD DE PUEBLA**

González Guevara José Luis<sup>1 y 2</sup>

<sup>1</sup>*Colegio de Ingeniería Geofísica, BUAP*

<sup>2</sup>*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

joseluis.gonzalez@iberopuebla.edu.mx

El propósito de este trabajo es el de responder de manera cualitativa y cuantitativa a la pregunta...las emisiones del volcán Popocatepetl, ¿afectan las concentraciones de la contaminación de fondo en la zona metropolitana del valle de Puebla (ZMVP)? Para ello se propone un esquema sobre la base del modelo de difusión, el cual es resuelto por el método euleriano, mediante la técnica de diferencias finitas. Se estiman las concentraciones de ceniza, divididas en cuatro clases, y de bióxido de azufre a nivel de superficie. Después, se comparan los resultados de la modelación con los datos proporcionados por la red estatal de monitoreo ambiental (REMA), para el periodo diciembre de 2000 a enero de 2001 y se utiliza una imagen satelital del 29 de enero de 2001 como apoyo para analizar el comportamiento de la trayectoria de la nube. Los resultados establecen que sí hay una relación entre el aumento de algunos contaminantes y los periodos de actividad volcánica

Sesión Regular

# **Exploración Geofísica**

Organizadores:

Francisco Javier Esparza Hernández

Bill Bandy

Andrés Tejero

EG-1

**TRASCENDENCIA DE LOS ESTUDIOS GEOFÍSICOS  
EN UN ESTUDIO DE GEOTECNIA CON FINES DE  
PONDERAR EL PELIGRO Y LA ERRADICACIÓN  
DE UN HUNDIMIENTO EN UNA ZONA URBANA**

Tapia Crespo Luis Arturo  
Facultad de Ingeniería, UNAM  
latc58@hotmail.com

En octubre de 2005 se produjo el hundimiento de una porción del patio de la casa N° 305 del callejón Peñuñuri, en el Barrio El Arbolito en Pachuca de Soto, Hidalgo. Éste generó una cavidad elipsoidal con 16 m de diámetro y altura de 12 m.

El evento propició que los gobiernos estatal y municipal solicitaran al Instituto de Geofísica-UNAM, la realización de una prospección geofísica en la zona circundante al hundimiento. El objetivo del estudio geofísico fue determinar la existencia y posición de fracturas, túneles y otras estructuras que pudieran representar un riesgo para la comunidad.

Se determinó emplear la técnica denominada tomografía o imagen eléctrica, ejecutando, en octubre de 2006, 5 líneas en calles aledañas a la oquedad. Sus conclusiones descartan la posibilidad de la presencia de otras cavidades, al menos vacías. Sin embargo, se interpretaron zonas o capas con elevada saturación de agua que parece moverse en dirección de la topografía lo que pudiera originar un arrastre de material que podría en riesgo a las viviendas de esta zona popular de la ciudad. Las recomendaciones entre otras fueron: realizar barrenos sobre las anomalías de resistividad alta para conocer el tipo y condición de los materiales que las generaron; y complementar la investigación con un estudio de geotecnia para cuantificar el peligro, así como el procedimiento más apropiado para el relleno de la oquedad.

El estudio geológico-geotécnico se inició a principios del 2007 y se concluyó en el 2008. Los trabajos incluyeron levantamiento topográfico superficial y del interior de la cavidad, levantamiento geológico local y la caracterización mecánica de los materiales de la oquedad. La litología en la cavidad está compuesta por un antiguo "ferrero" de origen minero constituido esencialmente por una especie de brecha con matriz limo-arenosa, un horizonte arcillo-arenoso y una capa de roca volcánica, todos ellos dispuestos en pseudoestratos gruesos paralelos y semihorizontales con una inclinación de entre 5° y 8° tendiendo hacia la pendiente del terreno.

Para la comprobación de las anomalías de resistividades altas se perforaron 3 sondeos con 49 m totales perforados y/o reperforados cuyas conclusiones son la comprobación de la interpretación geofísica.

El resultado del estudio geotécnico calculó un volumen de la cavidad de 2 327.02 m<sup>3</sup> que deberán ser rellenados según la siguiente metodología:

1. Confinar la zona de trabajo
2. Demolición manual de estructuras y pisos
3. Desalojo, acarreo y depósito del producto de demolición
4. Preparación de las paredes y piso de la cavidad
5. Construcción de la losa de concreto en piso
6. Relleno con tezontle (85%) y tepetate (15%)
7. Piso de concreto de acabado para impermeabilizar el relleno

8. Limpieza final de pisos

El costo total del relleno fue de 2 500 000.00 pesos m.n.

EG-2

**ESTUDIO GEOELÉCTRICO EN LA MARGEN IZQUIERDA  
DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO, ESTADO DE MÉXICO**

Vázquez Contreras Adolfo y Saucedo Quiñones Daniel  
Comisión Federal de Electricidad  
adolfo.vazquez@cfe.gob.mx

El análisis de la distribución de resistividades eléctricas obtenida a través de un estudio de sondeo eléctrico vertical (SEV) a semidetalle, con profundidad de investigación de 70 a 80 m, y un estudio de tomografía eléctrica (TGE) a detalle, con profundidad de investigación de 30 a 40 m permitió proporcionar información útil para determinar el modelo geológico y las zonas con mayor potencial de tener filtraciones, así como para el diseño de una pantalla de inyecciones en el empotramiento izquierdo de la presa Valle De Bravo, en el Estado de México. Las zonas identificadas como susceptibles de permitir filtraciones significativas provenientes del embalse, están representadas por los fuertes cambios laterales de resistividad o bien, en las partes en las que las unidades geoeléctricas tienen variaciones notorias de espesor

EG-3

**ESTUDIO DE TOMOGRAFIA GEOELECTRICA  
EN 2-D PARA CARACTERIZAR EL SUELO  
EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL**

Malagón Montalvo Arturo<sup>1</sup>, Rosas Elguera José<sup>2</sup>, Alatorre Zamora Miguel Angel<sup>1</sup> y Pérez Rodríguez Gerardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería Sísmica, Universidad de Guadalajara

<sup>2</sup>División de Ingenierías, Universidad de Guadalajara

amalagon2004@yahoo.com.mx

La ingeniería civil es un área de la construcción, que requiere del estudio del suelo, para el diseño o el reforzamiento de una obra civil. La existencia de discontinuidades o accidentes puntuales del terreno, en el entorno de las zonas de apoyo de diversas estructuras de las obras públicas, representa un grave problema de indudable importancia respecto a la futura estabilidad de tales estructuras. Algunos de estos accidentes, por sus limitadas dimensiones, son muy difíciles de detectar y caracterizar mediante sondeos debido al carácter puntual de los datos obtenidos de la perforación, aún en el caso de que estos sondeos se distribuyan en una malla muy cerrada.

Se propuso llevar a cabo el trazado de líneas exploratorias de Tomografía Geoeléctrica de resistividad en 2-D en la ciudad de Ameca, Jalisco, con arreglos Wenner - Schlumberger, y tendido de hasta 100 m distribuidas adecuadamente, en zonas de fallamiento y hundimientos, con el propósito de proporcionar los elementos geológicos (caracterización de fallas y suelo) que permitan ser utilizados para elaborar planes de ordenamiento de la ciudad de Ameca. Estos mismos datos deberán ser considerados para la elaboración de un reglamento de construcción dadas la características físicas del suelo en esta población.

En las imágenes de tomografía del suelo para los diversos puntos estudiados en la ciudad de Ameca, fue posible apreciar el gran poder resolutivo de la tomografía geoelectrica de resistividad hasta una profundidad máxima de exploración de 16 m. Dependiendo de la localización de las secciones, el proceso de inversión de los datos arrojó resistividades en el rango de 1 a 38 ohm-m. De acuerdo a resultados experimentales, valores de resistividad comprendidos en este rango, corresponden a materiales tales como arcillas, gravas, limos y arenas saturadas de agua. Por la información proporcionada por los tomogramas, los materiales presentes en el suelo hasta una profundidad de 3 m en el área en estudio son permeables y presentan un moderado contenido de fluidos.

La información geológica del área de estudio establece que los materiales que se encuentran en el área de ameca son granulares, porosos y permeables de un antiguo coluvión expuesto en la mayor parte del valle de ameca. Un alto grado de saturación por agua modifica de manera importante las propiedades mecánicas de las rocas, alterando algunos de sus principales módulos elásticos. Un material con una saturación aproximada del 80% falla fácilmente ante cargas mecánicas como aquellas impuestas por construcciones. Este fenómeno debe de tomarse en cuenta antes de planificar cualquier obra civil.

Aunado a lo anterior, la región de Ameca es eminentemente sísmica, y debe de considerarse que materiales con las características antes mencionadas, pueden dar origen al fenómeno de licuefacción (desintegración del suelo en dos fases: sólida y líquida) ante el paso de las ondas sísmicas, sobre todo las de corte o cizalla, también conocidas como ondas S.

EG-4

#### **POTENCIAL ESPONTANEO (P.E) EN LA EXPLORACIÓN ACTUAL**

Randall Roberts John A.

*Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Guanajuato*

ramtha09@yahoo.com.mx

El estudio del campo eléctrico natural normalmente medido con un voltímetro como el potencial entre dos electrodos no polarizables ha avanzado lentamente desde hace casi dos siglos cuando fue aplicado en la exploración para sulfuros de color amarillo sea conocido como un método de estudio en anomalías poco profundas, sin embargo su aplicación en el estudio de pórfidos cupríferos en los años 1960 comprobó su sensibilidad de señales con profundidades de cientos de metros, fue en esta misma década cuando se popularizó su uso en yacimientos geotérmicos pero su auge fue corto, debido a la dificultad en reproducir resultados.

Las aplicaciones del método antes mencionado típicamente generaron anomalías con amplitudes de 100 ó más mV, estudios posteriores en la exploración para agua subterránea fría o tibia producen anomalías más sutiles (unidades o decenas de mV) haciendo la interpretación de los resultados mucho más complicados en gran parte debido a problemas de deriva. Uno de los motivos del problema de deriva se debe a lo dinámico y efímero de la señal de P.E., requiriendo extrema precaución en la metodología de campo sobre todo con bases móviles, por lo tanto las anomalías tienden a migrarse con el tiempo., este fenómeno resulta sumamente útil en la identificación de armónicas. Estas "olas" con amplitud y longitud de onda repetitivas son la mayor indicación de que la señal proviene de una fuente amplia a menudo hasta de gran profundidad (un kilómetro).

Las lecciones aprendidas en múltiples estudios en la literatura, sobre la exploración para sulfuros nos muestran que las anomalías con amplitudes fuertes y longitudes de onda corta implican anomalías someras mientras las anomalías de amplitud baja y longitud de onda larga implican mayores profundidades. Este concepto es vigente en casi todos los objetivos de exploración sea acuíferos, recursos geotérmicos, contaminantes o los mismos sulfuros.

Resulta obvio que esta diversidad en posibilidades de interpretación es otro motivo en la dificultad y por lo tanto en la impopularidad en el uso de P.E., se suma a este problema la aparente no repetición de los resultados debido a lo dinámico en la posición de las anomalías. Todo esto exige al investigador un buen conocimiento de la geología y a menudo de la geofísica clásica del área en base a otros estudios, sin embargo P.E. es probablemente el método más sensible al movimiento de fluidos subterráneos causados por efectos redox o cinéticos, su uso actual en la detección de lixiviados en rellenos sanitarios y otras fuentes de contaminantes ha dado resultados excelentes por su sensibilidad a profundidades mayores normalmente detectables con métodos electromagnéticos sobre todo en la presencia de arcillas conductivas.

Sin duda resultaran muchas aplicaciones nuevas una novedosa es la detección de la fertilidad de suelos en la agricultura debido al efecto del intercambio catiónico, pero se observa una auge en el futuro respecto a estudios ambientales.

EG-5

#### **APLICACIÓN DEL MÉTODO MAGNÉTICO EN EL MUNICIPIO DE CUAUTINCHAN, PUEBLA, PARA LA ZONIFICACIÓN DE RESTOS ARQUEOLÓGICOS**

Cortés Arroyo Olaf<sup>1</sup>, Teutle Gutiérrez Adrián<sup>1</sup> y Castillo Román José<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Colegio de Ingeniería Geofísica, BUAP*

<sup>2</sup> *Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales, BUAP*

olaf\_ca@hotmail.com

El municipio de Cuautinchan, Puebla, se localiza entre los 18° 54'18" y 19° 00'30" de latitud norte y 97° 56'24" y 98° 09'18" de longitud oeste, limita al norte con los municipios de Amozoc y Acajete, al sur con Tzicatlacoyan, al oriente con Tepeaca y Tecali de Herrera y al poniente con el municipio de Puebla. Dicho municipio cuenta con un importante patrimonio arqueológico localizado en la llamada zona arqueológica de Cuautinchan. Dávila Cabrera (1974), demostró la presencia de más de 200 puntos con restos de asentamientos humanos de interés en la zona. A pesar de ello y de la importancia que estos asentamientos tuvieron en la región, tal y como lo demuestra el trabajo citado, la zona arqueológica ha sufrido un deterioro considerable a través de varias décadas, debido a la falta de protección y conservación por parte de las autoridades.

Como parte del ordenamiento municipal realizado en Cuautinchan, se realizó un estudio magnético en la zona llamada "Los Teteles de San Miguel", debido a la presencia de una serie de montículos y de una gran cantidad de fragmentos de cerámica distribuidos en distintos puntos de la zona.

Los resultados obtenidos del estudio magnético fueron comparados con los datos disponibles del trabajo arqueológico, permitiendo realizar una correlación entre ambos trabajos y delimitar la zona que presentó un mayor interés arqueológico.



Con base a este estudio, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, a través del Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales, propone un proyecto de estudios geofísicos en todo el municipio de Cuautinchan con la finalidad de proporcionar a las autoridades municipales una zonificación de áreas interés arqueológico, aportando así información que pueda ser útil a programas que inicien la protección y conservación del patrimonio cultural.

EG-6

### **APLICACIÓN DE TÉCNICAS GEOELÉCTRICAS Y MAGNÉTICAS PARA INVESTIGAR EL EFECTO DE FALLAS GEOLÓGICAS EN EL ACUIFERO DE JARAL DE BERRIOS, GUANAJUATO**

Reyes Gutiérrez Lazaro Raymundo, González Rivera Daniel, Pérez Corona Fred Yoan, Torres Gaytan David Ernesto, Ramos Leal J. Alfredo y López Loera Héctor

*Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica*

raymundo.reyes@ipicyt.edu.mx

La temática a cubrir expone, de manera práctica, los métodos eléctrico y magnético que pueden usarse en el campo de la exploración de la geofísica ambiental, en lo referente al mapeo de fallas geológicas para investigar el efecto o funcionamiento de una falla activa en la hidrodinámica de un acuífero libre, donde las mediciones son hechas sobre la superficie del terreno con arreglos lineales y de mallado (método geoeléctrico y magnético). Se incluye una revisión del tradicional método de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV-1D). Los resultados indican que existe una anomalía positiva magnética en las zonas de fallamiento, mientras que la anomalía eléctrica muestra una alta resistividad.

EG-7

### **INTERPRETACIÓN DE MEDICIONES DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA APARENTE**

Méndez Delgado Sóstenes<sup>1</sup>, Gómez Treviño Enrique<sup>2</sup>, Esparza Hernández Francisco<sup>2</sup> y Medina Ferrusquía Edgar Leobardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

<sup>2</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE

smendez@fct.uanl.mx

Relacionada con el método de prospección magnética está la susceptibilidad magnética, de la cual se pueden efectuar mediciones tanto a nivel de laboratorio como en afloramiento; los medidores de susceptibilidad magnética (susceptibilímetros) funcionan con arreglos de bobinas que pueden tener configuraciones diversas como bobinas coaxiales, coplanares, perpendiculares e incluso una sola bobina.

Desde hace varios años se ha venido trabajando en el concepto de susceptibilidad magnética aparente para datos obtenidos a través de medidores de susceptibilidad magnética. La susceptibilidad magnética aparente se puede definir de manera similar a la resistividad aparente o a la conductividad aparente, utilizando una ecuación integral que relaciona los datos (susceptibilidad magnética aparente) con la estructura (susceptibilidad magnética) del subsuelo a través de una función de pesos (función de sensibilidad) que depende de las posiciones del transmisor y del receptor. Este tipo de relaciones son la base

para la interpretación de los datos ya sea como modelado o inversión de datos.

En general, al realizar la interpretación de mediciones geofísicas esperamos tener una visión del subsuelo de la cantidad física relacionada representada por modelos unidimensionales (1-D), bidimensionales (2-D) o tridimensionales (3-D).

En este trabajo se muestran los resultados del modelado físico de estructuras 1-D de mediciones de susceptibilidad magnética aparente, con base en la ecuación integral mencionada, utilizando el medidor de susceptibilidad magnética GMS-2 de Geoinstruments, Ltd. Se presentan también, ejemplos de modelado físico de estructuras cuasi 2-D y cuasi 3-D para mediciones con el mismo instrumento. El modelado físico de las diferentes estructuras se realizó utilizando varios lotes de azulejos.

Además se realiza el modelado e interpretación de estructuras 3-D de susceptibilidad magnética aparente para mediciones obtenidas a partir de diversos arreglos de bobinas con sus respectivas funciones de sensibilidad.

EG-8

### **ESTUDIO GRAVIMÉTRICO DE LA ZONA ACUÍFERA DE LOS BAGOTES, MUNICIPIO DE HERMOSILLO, SONORA**

Martínez Retama Silvia, Morales Montaña Mariano, Dórame Santacruz Francisco A. y Corrales Cruz José J.

*Universidad de Sonora*

smartinez@ciencias.uson.mx

La zona acuífera de Los Bagotes, se localiza a 20 Km. al poniente de la ciudad de Hermosillo. Cubre una superficie total de 1,220 km<sup>2</sup> y se localiza en la Cuenca RH9B-Costa de Hermosillo en la subcuenca 9B1 Zona Centro. Esta zona se ha convertido en la solución inmediata a los problemas de abastecimiento de agua para la ciudad de Hermosillo, por lo cual fue necesario realizar un estudio geohidrológico para conocer la disponibilidad de agua subterránea. Como parte de este estudio, se realizaron levantamientos de gravimetría y resistividad (Sondeo Eléctrico Vertical) a fin de determinar secciones transversales en las zonas potenciales de entrada y salida de agua subterránea al acuífero.

Con el objeto de determinar la profundidad al basamento, se levantaron siete perfiles gravimétricos con una longitud total de 125 Km. Se observaron 267 estaciones gravimétricas con un espaciado entre cada estación de 500 m en su mayoría.

La aplicación del método gravimétrico ayudó a definir la topografía del basamento cristalino así como a ubicar la presencia de antiguos paleocauces, y por ende, las zonas de mayor permeabilidad y flujo, las cuales se contrastaron con la distribución de parámetros hidráulicos.

En la configuración del basamento se observó la presencia de una serie de fosas interconectadas de origen tectónico. La fosa principal presenta una orientación prácticamente Norte – Sur, coincidiendo con los rasgos tectónicos mayores que han modelado la morfología del estado de Sonora.

EG-9

### INVERSIÓN CONJUNTA 3D DE DATOS GRAVIMÉTRICOS, MAGNÉTICOS Y SÍSMICOS USANDO LA TÉCNICA DE GRADIENTES CRUZADOS

Fregoso Becerra Emilia y Gallardo Delgado Luis Alonso

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

fregosob@cicese.mx

Para conocer acerca de la estructura, geología y procesos físicos que ocurren en el subsuelo, comúnmente recurrimos al estudio, a través de imágenes, de propiedades físicas del interior de la tierra como son: densidad, magnetización de las rocas en el subsuelo o velocidad sísmica. La interpretación de los rasgos estructurales y geológicos del medio se puede realizar analizando los modelos obtenidos para cada tipo de datos geofísicos de manera independiente. Este procedimiento, tiene el inconveniente de proporcionar para cada parámetro físico, múltiples modelos que satisfacen las observaciones en superficie. La selección del modelo óptimo depende en gran medida de información adicional como es el conocimiento previo de características físicas y geológicas adicionales, o bien, a través de la interpretación conjunta de las diferentes propiedades físicas.

Existen metodologías de inversión conjunta que tienen la ventaja de reducir esta no unicidad en los modelos al combinar información de dos conjuntos de datos geofísicos e invertirlos simultáneamente para producir un modelo común. La técnica de inversión conjunta con gradientes cruzados, combina la información de los datos a través de la similitud estructural dada por la distribución de los parámetros físicos asociados, esto es, resaltando las zonas donde el cambio en las propiedades físicas de ambos modelos es paralelo.

En este trabajo desarrollamos la técnica de inversión conjunta 3D con restricciones de gradientes cruzados para diferentes conjuntos de datos geofísicos, con el propósito de obtener, a través de imágenes tridimensionales de las propiedades físicas, información detallada y realista del subsuelo. En una primera aproximación, aplicamos la técnica a datos gravimétricos y magnéticos en experimentos sintéticos y de campo, demostrando que en la mayoría de los casos, es necesario incorporar criterios adicionales que nos permitan definir mejor los modelos de los parámetros en profundidad. En una segunda aproximación, aplicamos la técnica de inversión conjunta a datos potenciales y de sísmica de refracción y mejoramos notablemente los modelos obtenidos. Los resultados demuestran la importancia de cada tipo de datos para la formulación de modelos integrales del subsuelo más precisos, completos y detallados.

Es previsible que los modelos tridimensionales obtenidos por inversión conjunta lleguen a constituir una herramienta valiosa para resolver problemas demandantes como el monitoreo ambiental y el estudio de la evolución de recursos geohidrológicos y petroleros.

EG-10

### DETERMINACIÓN DE LA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA Y DE POLARIZACIÓN INDUCIDA DEL SUBSUELO EN UN CAMPO DE PRUEBAS UBICADO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA, UANL

Garza Rocha Daniel, Méndez Delgado Sóstenes y López Rocha Ismael

*Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL*

dagarza@fct.uanl.mx

La determinación de la resistividad eléctrica del subsuelo puede contribuir a la ubicación de mantos acuíferos someros y profundos, zonas fracturadas, zonas contaminadas en la parte somera del subsuelo, zonas mineralizadas, etc. Por otro lado, la determinación de los valores de Polarización Inducida cuyas unidades son dadas en milisegundos en el dominio del tiempo, es decir la cargabilidad del medio rocoso, puede contribuir también a la ubicación de zonas mineralizadas, acuíferos contaminados por hidrocarburos, etc. En la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León se ubica una zona que funciona como campo de pruebas geofísicas, en el cual ya se desarrolló una tesis de licenciatura cuyo objetivo fue el realizar mediciones e interpretación de los datos conductividad eléctrica aparente, usando el equipo denominado EM-34 de la empresa Geonics. En dicho campo se enterraron diversos objetos a diferentes profundidades, tubería de PVC, objetos metálicos etc. En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos a partir de los valores de resistividad aparente y valores de Polarización Inducida (Cargabilidad en milisegundos). Para ello se realizaron perfiles de resistividad y de polarización inducida, a partir de los cuales se obtienen modelos tridimensionales de la distribución de resistividad y cargabilidad del subsuelo. El equipo utilizado fue un SuperSting R1/IP, electrodos polarizables y no polarizables, se utilizaron diferentes arreglos geométricos de electrodos para la toma de los datos combinados de Resistividad y de Polarización Inducida.

EG-11

### EQUIVALENCIA EN LA CONDUCTANCIA: UN PROBLEMA FRECUENTE EN APLICACIONES GEOHIDROLÓGICAS DEL SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

Flores Luna Carlos<sup>1</sup>, Martínez RetamaSilvia<sup>1 y 2</sup> y López Moya Armando<sup>1</sup><sup>1</sup> *División de Ciencias de la Tierra, CICESE*<sup>2</sup> *Departamento de Geología, Universidad de Sonora*

cflores@cicese.mx

El problema de equivalencia en la conductancia en los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) se presenta cuando existe una capa conductora delgada en el corte geoelectrónico. Su presencia produce una ambigüedad en la estimación de la resistividad y espesor de la capa ya que en el modelo hay muchas combinaciones espesor/resistividad que ajustan los datos. En la comunidad geofísica hay la idea que este problema de equivalencia es poco común. En este trabajo mostramos, con datos reales, que el problema es más frecuente que lo anticipado. Presentamos modelos de tres diferentes zonas (Valles de Guaymas y Guadalupe y zona geotérmica de Tres Vírgenes) donde se midieron e interpretaron un total de 125 SEVs para estudiar los acuíferos correspondientes. En el 65 % de estos modelos la capa conductora asociada al acuífero sufre de un

problema de equivalencia, 43 % de forma intensa y 22 % de forma moderada. También se presentan casos de remediación de la ambigüedad inherente con el uso de información de pozo o con la aplicación de otro método geofísico que está menos afectado por la equivalencia, como lo es el de sondeos electromagnéticos transitorios.

EG-12

### UN ALGORITMO DE TRANSFORMADA HOUGH PARA EL ANÁLISIS DE RADARGRAMAS

Rivera Ríos Aixa

Universidad Nacional Autónoma de México

rivera.aixa@gmail.com

Esta investigación presenta un algoritmo basado en la transformada generalizada de Hough para el realce de estructuras geológicas en datos de Radar de Penetración Terrestre (GPR, por sus siglas en inglés). Para la aplicación del mismo, es necesario obtener la imagen en escala de grises del radargrama, preferiblemente que esté en función de la distancia horizontal y de la profundidad. Por lo tanto, los datos de GPR deben haber pasado por un pre-procesamiento, que consiste esencialmente en la remoción de ruido, deconvolución y migración. La primera parte de este filtro consiste en la detección de bordes en la imagen, por lo que se realiza una convolución de la imagen con un kernel de detección de bordes. Se plantean varios kernels para la elección del que presente mejor los bordes en la imagen. El algoritmo planteado está basado en la transformada generalizada de Hough propuesta por Ballard (1981), la imagen debe transformarse en una representación de bordes, es decir en una imagen binaria. El proceso de binarizar la imagen se realizó con un algoritmo iterativo de detección de un umbral óptimo propuesto por Ridler y Calvard (1978). El método basado en la transformada de Hough consiste en la aplicación de la transformada generalizada de Hough para detectar localmente (en una ventana) las estructuras y obtener una imagen global, que contenga las estructuras de interés. A diferencia del algoritmo propuesto por Ballard (1981), en lugar de realizar una tabla de referencia (Tabla-R) que describe la estructura de antemano, se calcula una Tabla-R en cada paso de la ventana. Se definió un punto con una cantidad de píxeles y la ventana se recorre por cada punto en la imagen. La Tabla-R se obtiene mediante la descripción del punto de borde con respecto al punto de referencia en la ventana. Esta descripción consiste en su localización (con respecto al punto de referencia en la ventana) y su dirección. Además de este algoritmo, se presenta otro para localizar estructuras circulares que se caracterizan por las hipérbolas de difracción en el perfil de GPR. En este caso, se aplica el algoritmo basado en la transformada de Hough y sobre las hipérbolas detectadas por el mismo, se ajusta un círculo, obteniendo la localización de su centro y radio. Para mostrar y validar el algoritmo, se aplicó a 2 ejemplos de radargramas: el primero consiste en un perfil que contiene 3 hipérbolas de difracción correspondientes a 3 tubos enterrados y el segundo, en un perfil adquirido en campo para analizar estratigrafía volcánica.

EG-13

### ESTUDIO DE DIMENSIONALIDAD Y DIRECCIONALIDAD GEOELÉCTRICA EN UNA PROSPECCIÓN MAGNETOTELÚRICA: ANÁLISIS DE INVARIANTES Y TENSOR DE FASES

Escobedo Molina Jorge<sup>1</sup>, Arango Galván Claudia<sup>1</sup>,  
Arzate Flores Jorge<sup>2</sup> y Campos Enríquez José Oscar<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, UNAM

jorgescobedo23@yahoo.com

En una prospección magnetotelúrica, suele realizarse un análisis de dimensionalidad y direccionalidad eléctrica dado el carácter tensorial de los campos adquiridos. Las técnicas tradicionales, como el cálculo del skew propuesto por Swift (1967) o el propuesto por Bahr (1991), requieren de la suposición a priori de que se trata de datos unidimensionales o, en su defecto, requieren de un análisis detallado de distorsión basado comúnmente en un esquema de descomposición. En otras ocasiones, se recurre a la relación entre la componente vertical de campo magnético y las componentes horizontales, denominada tipper, cuya representación gráfica señala hacia la dirección de máximo gradiente de conductividad eléctrica en una frecuencia determinada. Sin embargo, no siempre es posible medir dicha componente y suele ser afectada por ruido. En este trabajo se presentan dos técnicas alternativas a las ya mencionadas. La primera herramienta se basa en el establecimiento de algunas relaciones entre los invariantes del tensor de impedancias (Weaver et al., 2004). La segunda técnica, se fundamenta en las propiedades del tensor de fases (Caldwell et al., 2004) que, al no verse afectadas por efectos de distorsión galvánica, preservan la información regional. Se presentan los resultados obtenidos con ambas metodologías y se establece un comparativo con los vectores de inducción obtenidos del tipper.

EG-14

### ANÁLISIS DE DISTORSIÓN DE TRES PERFILES MT SOBRE EL BLOQUE DE JALISCO

Corbo Camargo Fernando<sup>1</sup>, Arzate  
Flores Jorge<sup>1</sup> y Álvarez Béjar Román<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Matemáticas  
Aplicadas y en Sistemas, UNAM

fcorbo@geociencias.unam.mx

En este trabajo presentamos tres perfiles MT ubicados sobre el Bloque de Jalisco y su periferia, los cuales están constituidos por un total de 18 sondeos. 10 de ellos pertenecen al Perfil 1, cuya orientación es N40E, 8 pertenecen al Perfil 2, cuya orientación es aproximadamente perpendicular al anterior, es decir N60W, y 12 pertenecen al Perfil 3, cuya mitad sur se orienta paralela al Perfil 1 y su parte norte sigue una dirección NS. Previo a la inversión de los datos, se llevó a cabo el análisis de distorsión del tensor de impedancia aplicando los criterios de Swift (1967), Bahr (1988, 1990), Weaver et. al, (2000) y Caldwell et. al, (2004), con el objeto de identificar la dimensionalidad del medio y obtener un ángulo de la estructura regional cuando esto fuera posible. De este análisis se deduce que en el espectro de frecuencias altas (~500-1 Hz) del grueso de los sondeos, el comportamiento del medio es 1D

y/o 2D en tanto que a bajas frecuencias (hasta ~0.001 Hz) el comportamiento es básicamente 3D.

Otro rasgo que prevalece en las transectas analizadas, es que el ángulo de la estructura regional cambia a partir de ciertos puntos, sugiriendo la influencia de diferentes estructuras a lo largo de los mismos. En el Perfil 1 se distinguen dos sectores con diferentes ángulos regionales; los sondeos que se encuentran en la mitad SW del perfil (hacia la costa) arrojan valores entre -30° y -40° de strike, en tanto que los sondeos en la mitad NE del mismo perfil presentan valores que oscilan entre -15° y 10°, lo cual es consistente con la presencia de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM). El Perfil 2 también muestra variaciones importantes en el ángulo de la estructura regional, que van desde aproximadamente 0° en su límite SE, a -30° aproximadamente en su parte central, cambiando a 45° aproximadamente en los sondeos que se ubican en el límite de la FVTM, terminado en su extremo NW con un strike de -10° aprox. La orientación de este perfil lo hace propenso a esta variabilidad debido a que cruza diferentes accidentes tectónicos que se reflejan también en la variabilidad de los vectores de inducción. Por último, en el Perfil 3 se distinguen dos sectores bien caracterizados por su strike; en el extremo S este ángulo es de alrededor de 45°, excepto por el sondeo más sureño (Cabo Corrientes), el cual está claramente influenciado por una falla cercana. Este ángulo se mantiene hacia el N hasta su intersección con el Perfil 2; a partir de este punto la estructura regional cambia a valores entre -10° y 0° aproximadamente.

Se presentan los modelos bidimensionales de los perfiles 1 y 3 y del invariante del Perfil 2 y se discuten los principales contrastes en la resistividad y su posible relación con la subducción y el proceso de extensión que ha tenido lugar en esta área, apoyados en otros resultados del análisis de distorsión, incluyendo la distribución de los vectores de inducción.

EG-15

### **RASGOS TECTÓNICOS ENTRE LOS TERRENOS OAXACA Y JUÁREZ A PARTIR DE LA ESTRUCTURA ELÉCTRICA OBTENIDA DE LA INTERPRETACIÓN DE SONDEOS MAGNETOTELÚRICOS**

Corbo Camargo Fernando<sup>1</sup>, Campos Enríquez José Oscar<sup>2</sup>,  
Arzate Flores Jorge<sup>1</sup> y Belmonte Jiménez Salvador Isidro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

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

<sup>3</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, IPN

fcorbo@geociencias.unam.mx

En un proyecto llevado a cabo en los dos últimos años, hemos adquirido 21 sondeos magnetotelúricos con el propósito de analizar el sistema la Falla de Oaxaca formado por fallas orientadas N-S y NW-SE. En su porción sur, esta falla se considera el límite entre los terrenos Cuicateco y Zapoteco, forma el frente montañoso occidental de las sierras Mazateca y Juárez y se asocia a una zona de cizalla antigua, siendo ésta producto de su más reciente reactivación.

Las estaciones magnetotelúricas mencionadas están repartidas en dos perfiles, aproximadamente perpendiculares a la zona de falla. Los resultados de la inversión del invariante de ambos perfiles muestran claras evidencias de un bloque resistivo relativamente somero en su parte central que parece ensancharse hacia el sur y que se puede asociar con rocas

de basamento pre-cenozoicas (Serrano et. al, 2008). Hacia los extremos de ambos perfiles se hace evidente una zona de mayor conductividad. El rasgo estructural conductor al NE se asocia al terreno Cuicateco en tanto que la zona al SW del alto resistivo se identifica con Zapoteco.

En el presente trabajo se discuten los parámetros de distorsión y los resultados del análisis de los vectores de inducción en términos de la estructura eléctrica y su correlación con los terrenos tectonoestratigráficos cuyo límite es la falla de Oaxaca.

EG-16

### **APLICACIÓN DE UN MODELO ACÚSTICO EN DOS DIMENSIONES, UTILIZANDO EL MÉTODO DE CAPAS PERFECTAMENTE ADAPTADAS**

Trujillo Alcántara Alfredo<sup>1</sup>, Ortiz Alemán Carlos<sup>1</sup>, Cerón Fernández Alejandro<sup>1</sup>, Muñoz González Sergio<sup>1</sup> y Salgado Brito Rosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Mexicano del Petróleo

<sup>2</sup>Universidad Simón Bolívar

atrujill@imp.mx

En este trabajo se desarrolla y aplica un modelo acústico en dos dimensiones para simular una adquisición sísmica real, con objeto de proponer parámetros óptimos (azimut, posición de receptores y fuentes) de adquisición en zonas con presencia de tectónica salina en el Golfo de México. El modelado se realiza con el método de diferencias finitas y para el cálculo en las fronteras del dominio se emplea el método denominado capas perfectamente adaptadas (Perfectly Matched Layers), con objeto de minimizar la existencia de reflexiones numéricas que pudieran confundir la interpretación sísmica. Para la construcción del modelo numérico se utiliza toda la información geológica y geofísica disponible. El objetivo es definir con precisión ciertas estructuras geológicas y estudiar la complejidad de las trayectorias sísmicas para prevenir posible deficiencias en la adquisición real y, de este modo, asegurar que suficiente energía sísmica penetre dichas estructuras. Como resultado de este trabajo se espera contar con una herramienta auxiliar muy valiosa para la exploración de estructuras subsalinas en el Golfo de México, que permitirá disminuir sensiblemente el gasto operacional.

EG-17

### **PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE REFLECTIVIDAD ACÚSTICA DEL FONDO MARINO EN EL SECTOR SUR DEL GOLFO DE MÉXICO**

Ponce Núñez Francisco<sup>1</sup>, Mortera Gutiérrez Carlos A.<sup>1</sup>, Escobar Briones Elva<sup>2</sup>, Bandy William L.<sup>1</sup> y González Reyes Diana<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

ing.paco.ponce@gmail.com

Recientemente (2007) el buque oceanográfico de la UNAM – B/O Justo Sierra – fue equipado con una ecosonda multihaz de barrido lateral de 30 KHz, la cual permite obtener datos de relieve batimétrico y reflectividad acústica en bandas anchas. Estos datos deben ser post-procesados en el laboratorio para generar mapas batimétricos e imágenes acústicas del fondo marino. En

este trabajo se presenta el desarrollo del procesamiento de datos de reflectividad acústica que fueron obtenidos en la provincia de los Domos Salinos de Campeche durante la campaña SO174-2, con una ecosonda SIMRAD EM120 multihaz a bordo de buque oceanográfico alemán R/F SONNE. Los datos de reflectividad acústica son post-procesados para ser integrados en mosaicos de imágenes acústicas del piso oceánico. Estas imágenes están conformadas en un arreglo de píxeles, los cuales tienen una geometría que depende de la posición del haz y del relieve batimétrico. Para poder obtener una imagen acústica de calidad es necesario que el procesado incluya: (a) ordenamiento de los datos en perfiles, (b) posicionamiento de cada pixel con el relieve batimétrico, (c) compensación por efecto de guiñada del buque, (d) procesamiento digital de señales que incluye: ajuste en las ganancias de los transductores, normalización de la reflectividad lateral y corrección del coeficiente de absorción, y (e) edición de la imagen para mejorar calidad: suavizado, corrección de empalmes y ajuste en la escala. Una vez obtenida la imagen acústica se superpone sobre un modelo en 3D del relieve batimétrico, generando así un modelo acústico-litológico en 3D del fondo marino. Este procesado de los datos de reflectividad acústica multihaz proporciona información sobre las propiedades físicas del piso oceánico, lo que la hace una herramienta poderosa para su caracterización litológica.

## EG-18 CARTEL

### ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOFÍSICO DEL COLAPSO EN EL BARRIO "EL ARBOLITO" EN PACHUCA DE SOTO, HIDALGO, MÉXICO

Rosique Naranjo Fernando, Tapia Crespo  
Luis Arturo y Medina Ávila Juan José

*Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra*

rosique@servidor.unam.mx

En uno de los barrios más tradicionales y antiguos de la ciudad de Pachuca de Soto, en el estado de Hidalgo, durante el mes de octubre del 2005 se colapsó una porción del patio de la vivienda marcada con el número 305 del callejón denominado Peñuñuri. Este evento descubrió una cavidad de 12 metros de profundidad y 16 metros de diámetro.

La ciudad de Pachuca se fundó en 1502 debido a la importancia de su riqueza mineral oculta en su subsuelo. Para la explotación de minerales como el oro y la plata se realizaron innumerables túneles a profundidades variables y que actualmente se localizan bajo zonas habitadas, aunque su localización exacta se desconoce.

Debido a estos antecedentes, se cree que uno de estos túneles del laboreo minero pasa por debajo de la zona colapsada del Barrio El Arbolito.

Con los objetivos definidos se efectúa un año posterior al evento el estudio de geofísica utilizando la técnica denominada tomografía o imagen eléctrica, elegida en función de la capacidad de resolución de rasgos, profundidad y facilidad de aplicación en una zona urbanizada. El levantamiento se llevo a cabo sobre 5 líneas o secciones que rodean el colapso.

De igual forma y dos años posterior al colapso se ejecutó el estudio geológico, así como un levantamiento topográfico, definiendo los tres conceptos fundamentales en estudios de esta índole: litología, estructuras e influencia del agua.

Teniendo una interpretación muy certera de las condiciones de los materiales, estructuras y agua, debajo y alrededor del colapso,

se decide explorar con el método directo de perforación en zonas con anomalías geofísicas y con el objetivo de su verificación se realizan 3 sondeos que representaron una exploración con obtención de muestras de roca y suelo, con un total de 49.0 metros.

Por último, con base en los resultados de todos los estudios, se realiza la metodología para rellenar la cavidad generada por este colapso y se estiman los costos de estos trabajos.

## EG-19 CARTEL

### ESTUDIO DE GEOFÍSICA SOMERA EN EL SITIO ARQUEOLÓGICO DE SAN MIGUEL TOCUILA, TEXCOCO, CUENCA DE MÉXICO

Arciniega Ceballos Alejandra<sup>1</sup>, Hernández Quintero Esteban<sup>1</sup>, Cabral Cano Enrique<sup>1</sup>, Morett Alatrste Luis<sup>2</sup>, Díaz Molina Oscar<sup>1</sup> y Soler Arechalde Ana M.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*Museo Nacional de Agricultura, Universidad Autónoma de Chapingo*

maac@geofisica.unam.mx

San Miguel Tocuila está ubicado en el margen oeste del Lago de Texcoco en la parte central de México. Tocuila llegó a ser uno de los suburbios más prominentes del complejo ceremonial Azteca entre 1300 y 1519. Esta región se caracteriza por secuencias lacustres y volcanos sedimentarias interestratificadas del Pleistoceno Tardío que son particularmente ricas en restos arqueológicos y paleontológicos. Algunos de estos restos se han encontrado de manera fortuita y es posible que muchos otros hayan sido destruidos debido al crecimiento urbano. Con la idea de evitar la destrucción de antiguos asentamientos humanos y depósitos paleontológicos se llevo a cabo un estudio que incluye la aplicación de tres técnicas no invasivas de geofísica superficial: el método magnético, el método electromagnético de Radar de Penetración Terrestre (GPR) y el método de exploración sísmica de refracción. El estudio de prospección geofísica cubrió varias partes de la población de Tocuila y en este trabajo reportamos los resultados obtenidos en una área de 115 x 100 m. La exploración de esta zona consistió de 30 perfiles sísmicos, con un intervalo entre geófonos de 2 m, usando una fuente de impacto manual de 8 Kg; un levantamiento magnético con observaciones a cada metro en dirección N-S y E-W, y secciones de GPR con una antena de 70 MHz orientadas N-S y E-W, espaciadas cada 5 m entre si. La aplicación combinada de estas tres técnicas demuestra que debido a la diferente capacidad de penetración de cada método es posible obtener imágenes del subsuelo y reconstruir exitosamente estructuras enterradas a menos de 20 m de profundidad. Las imágenes de tomografía sísmica y de GPR muestran una estructura principal (tlatel) de aproximadamente 80x60 m constituida por tres unidades superpuestas que conforman plataformas en una geometría semi-piramidal, con su base sepultada a 10 m de profundidad. Siguiendo la historia de los antiguos asentamientos humanos de la zona, se sugiere que esta estructura corresponde a un centro cívico ceremonial de los últimos tiempos de los Aztecas.

## EG-20 CARTEL

**ESTUDIOS GEOFÍSICO, DE CALIDAD E HIDRÁULICOS PARA ABASTECER DE AGUA POTABLE A ÁLAMOS, SON.**

López Cervantes Héctor Abel y Pinzón Compean Lorenzo

*Instituto Tecnológico de Sonora*

hlopez@itson.mx

México enfrenta severos problemas de abasto de agua ante la creciente demanda de la población por contar con el vital líquido. Dos terceras partes del país son zonas áridas o semiáridas y en ellas se registra únicamente el 28% del escurrimiento de agua. La baja eficiencia con la que se usa el agua, acentúa las carencias en diversas zonas del país, como en la zona costera y la sierra media alta del Estado de Sonora, donde se ubica el municipio de Álamos, Sonora, con una tasa anual de crecimiento del 3%, alcanzando, según el censo de 2005, una población de 24,493 habitantes.

Las obras de captación para la ciudad de Álamos sostienen un abastecimiento que oscila entre 16 y 22 l/s, mismo que resulta insuficiente para satisfacer sus demandas. Casi la tercera parte de la dotación proviene de acuíferos a más de 14 km, con grandes consumos de energía eléctrica y caudales pequeños. El problema de dotación se presenta en los meses calurosos, pues los niveles de agua descienden provocando la disminución de la aportación de los acuíferos.

Dadas las características geológicas donde se encuentra asentada la ciudad y sus alrededores, no se puede esperar encontrar un acuífero granular convencional, como lo comprueban las experiencias de perforación de pozos realizados. La única posibilidad de lograr un aprovechamiento favorable es interceptar a profundidad fracturas que conduzcan agua o pequeños paquetes aluviales en los arroyos que confluyen al río Mayo y en el propio río, en las proximidades de la Presa Adolfo Ruíz Cortínez, (Mocúzari). Este trabajo presenta un estudio para abastecer de agua potable a la ciudad de Álamos, apoyándose en exploraciones geofísicas para localizar un sitio donde sea posible realizar obras hidráulicas que resuelva el abastecimiento de agua que demanda actualmente ésta población. Se realizó una recopilación y análisis minucioso de estudios similares que se hayan presentado con anterioridad sobre la zona de estudio, la que sirvió como referencia y de acuerdo a los estudios geofísicos, la zona con más alta probabilidad de obtener agua en cantidad y calidad se encuentra en las desembocaduras de los arroyos Tephui y Tepustete, margen izquierda.

Se colocarán equipos de bombeo para vencer los desniveles naturales de 380 m y las pérdidas de energía por la conducción en tubería de acero. Se diseña tanque regulador en la cota más alta del trazo a donde llega por bombeo y se manda el agua, por gravedad, hasta la conexión con la red municipal de agua potable en servicio. Con el apoyo de los estudios geofísicos, de calidad del agua, hidráulicos y con la perforación de pozos de muestreo se garantiza un abastecimiento mínimo, por esta obra de 40 l/s, suficientes para garantizar la demanda durante los próximos 20 años.

## EG-21 CARTEL

**ESTUDIO GEOELÉCTRICO DE LA ZONA ACUÍFERA DE LOS BAGOTES, MUNICIPIO DE HERMOSILLO, SONORA**Morales Montaña Mariano, Martínez Retama Silvia,  
Corrales Cruz José J. y Dórame Santacruz Francisco A.*Universidad de Sonora*

morales@geologia.uson.mx

La zona acuífera de Los Bagotes, se localiza al poniente de la ciudad de Hermosillo dentro del cuadrángulo definido por las coordenadas 28° - 59' ; 29° - 29' de Latitud Norte y 110° - 55' ; 111° - 19' de Longitud Oeste respectivamente, dentro de la Cuenca 9B Costa de Hermosillo, de la Región Hidrológica 9 Sonora Sur. Cubre una superficie total de 1,220 km<sup>2</sup> y pertenece al Municipio 030 Hermosillo.

Presenta una geología muy variada con afloramientos que varían en edad desde el Precámbrico al Reciente, afectados por diferentes episodios Tectónicos.

Para determinar las características del subsuelo se realizó Gravimetría (125 km de perfiles) y Resistividad (150 SEVs).

Los sondeos eléctricos verticales fueron distribuidos a lo largo de los perfiles gravimétricos, con una separación entre electrodos no mayor a 1 km.

Los resultados de los SEVs se procesaron para determinar e interpretar perfiles y planos de distribución de la resistividad. La información geológica y geofísica (gravimétrica y resistiva), se correlacionó para determinar la estructura y profundidad de la zona acuífera. Con esto se definieron las unidades hidrogeológicas y los tipos de materiales que las componen.

Desde el punto de vista geológico, la unidad más favorable para el almacenamiento y extracción de agua subterránea está representada por depósitos de relleno del Terciario – Cuaternario, depositados en fosas estructurales con espesores de relleno en algunos sitios del orden de los 1000 m.

La información obtenida con Gravimetría, Sondeos Eléctricos Verticales y cortes litológicos de pozos profundos indica que el horizonte acuífero presenta un espesor promedio del orden de los 100 m, la zona vadosa presenta un espesor del orden de los 125 m. y el sustratum en la zona explotada, está representado por una potente capa arcillosa cuyo espesor es superior a los 200 m.

## EG-22 CARTEL

**EL MOVEOUT NO HIPERBÓLICO Y LA ADQUISICIÓN DE DATOS SÍSMICOS**

Pech Pérez Andrés

*Instituto Politécnico Nacional*

apech@ipn.mx

Los descubrimientos recientes de hidrocarburos en el Golfo de México han demostrado que esta región posee importantes reservas. La necesidad de realizar la exploración y explotación de hidrocarburos en esta zona, nos obliga a utilizar técnicas más resolutivas y a optimizar los sistemas de adquisición de datos sísmicos. Entre los sistemas más usados se encuentra el sistema WAZ (Wide-azimuth), éste ha facilitado la obtención de imágenes más resolutivas del subsuelo. Cabe mencionar que con este tipo de sistemas, se tiene una mejor distribución de las fuentes y los receptores en función del azimuth y offset.

La presencia de heterogeneidades (laterales o verticales) o la anisotropía provocan desviaciones en el moveout hiperbólico. Estas desviaciones, se conocen como moveout no hiperbólico, y no pueden ser ignoradas; en particular, cuando la distancia de la superficie al objetivo es menor que la separación entre fuentes y receptores.

En este trabajo, se modeló y analizó la variación azimutal del moveout no hiperbólico. Se utilizaron modelos de medios estratificados; en todos los casos, los estratos se consideraron heterogéneos y anisótropos. Para modelar los tiempos de arribo de las ondas P, se usó trazado de rayos. La influencia de la anisotropía y la heterogeneidad en la variación azimutal del moveout no hiperbólico, nos sugiere que éste puede ser usado en la optimización de las distribuciones de fuentes y receptores.

## EG-23 CARTEL

**REFORZAMIENTO DEL MODELO DE VELOCIDADES MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE DATOS POTENCIALES CON MIGRACIÓN SÍSMICA EN PROFUNDIDAD ANTES DE APILAR: APLICACIONES A LA EXPLORACIÓN DE PLAYS SUBSALINOS**

Cerón Fernández Alejandro, Ortiz Alemán Carlos,  
Trujillo Alcántara Alfredo, Nava Flores Mauricio,  
Muñoz González Sergio y Orozco Del Castillo Mauricio

*Instituto Mexicano del Petróleo*

acfern@imp.mx

En los últimos años hemos realizado investigación en el campo de los métodos potenciales, enfocada al reforzamiento de los modelos de velocidades en zonas con presencia de tectónica salina, mismos que se utilizan para la migración en profundidad antes de apilar. En este trabajo se presenta un caso de estudio, en el cual se realizó la integración de modelos gravimétricos tridimensionales con cubos de datos sísmicos migrados en profundidad. La inversión de datos gravimétricos de alta resolución permite estimar con buena precisión la geometría de los cuerpos salinos, especialmente en lo relacionado a la posición de la base. Gracias a la integración de ambas fuentes de información (migración en profundidad y gravimetría 3D de alta resolución), se consigue al final del proceso una imagen sísmica mejorada, con una mejor definición de los geo-cuerpos salinos así como de las estructuras subsalinas, que pudieran ser de mucho interés para la exploración petrolera

## EG-24 CARTEL

**REVISIÓN DE LA MORFOLOGÍA REGIONAL DEL RELIEVE OCEÁNICO EN EL SECTOR MEXICANO DEL GOLFO DE MÉXICO USANDO DATOS BATIMÉTRICOS MULTIHAZ**

González Reyes Diana<sup>1</sup>, Mortera Gutiérrez Carlos A.<sup>2</sup>, Escobar Briones Elva<sup>3</sup>, Bandy William L.<sup>2</sup> y Ponce Núñez Francisco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto Tecnológico de Ciudad Madero*

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

<sup>3</sup>*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*

diana@geofisica.unam.mx

Datos de profundidades del lecho marino en el sector mexicano del Golfo de México han estado restringidos al uso de ecosondas monohaz, y en su mayoría a levantamientos en aguas

someras, en particular en zonas costeras y en donde se realizan exploración petrolera. El uso de esta técnica limita la resolución en el conocimiento en el relieve batimétrico, incluso dejando zonas del lecho marino sin información de batimetría, que conforman las diferentes provincias que enmarcan el sector mexicano en el golfo. Recientemente el uso de ecosondas multihaz que realizan barrido laterales del piso oceánico han dado una mayor cobertura, como ha sido en varias expediciones de investigación en las provincias geomorfológicas del sur del Golfo con una alta precisión batimétrica. Mapas batimétricos de seis regiones: (1) El talud continental de Tuxpan y las Cordilleras Mexicanas, (2) La provincia de los Domos Salinos de Campeche, (3) Escarpe de Campeche y la Plataforma Continental de Yucatán, (4) La Región Occidental de la Planicie de Sigsbee, (5) La Región Oriental de la Planicie de Sigsbee, y (6) La Planicie del Abanico del Missisipi y la Terraza de Campeche integrados con datos de ecosondas monohaz son comparados con recientes resultados batimétricos obtenidos con ecosondas de barrido lateral multihaz, en donde muestran un mayor detalle. Estos nuevos mapas batimétricos multihaz que tienen una cobertura de casi 100% del relieve batimétrico muestran rasgos morfológicos del Golfo que los registros de ecosondeo monohaz no revelaban.

## EG-25 CARTEL

**SOLUCIÓN RIGUROSA A LA ZONA DE INFLUENCIA DE MEDICIONES DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA**

Esparza Hernández Francisco<sup>1</sup>, Gómez Treviño Enrique<sup>1</sup> y Méndez Delgado Sóstenes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*

<sup>2</sup>*Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL*

fesparz@cicese.mx

En este trabajo presentamos una metodología exacta para entender de que manera una muestra de roca afecta a la medición de susceptibilidad magnética. El método se basa en tomar en cuenta el efecto de una fuente y un receptor de campos magnéticos. Nuestro análisis conduce a una ecuación integral que relaciona las mediciones con el perfil de profundidad de la susceptibilidad magnética dentro de la roca, de tal manera que lo primero es un promedio pesado de lo segundo. Nosotros presentamos expresiones para la función promediada para varios arreglos transmisor-receptor. Nuestro punto de partida son las ecuaciones de Maxwell para la no existencia de monopolos magnéticos, las que aplicaremos a monopolos magnéticos hipotéticos.

Sesión Regular

# **Física Espacial**

Organizador:  
Román Pérez Enríquez



FE-1

### **SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA INTERACCIÓN DEL VIENTO SOLAR CON LA IONOSFERA DE LOS PLANETAS VENUS Y MARTE**

Pérez de Tejada Jaime Héctor<sup>1</sup> y Reyes Ruiz Mauricio<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Instituto de Astronomía, UNAM*

perezdet@geofisica.unam.mx

En base a estudios teóricos de la interacción del viento solar con ionosferas planetarias (Venus y Marte) se ha preparado un código numérico para integrar las ecuaciones de hidrodinámica relevantes a ese problema. La originalidad del código es que por primera vez se incluye el término de fuerzas viscosas en la ecuación de momento (Navier Stokes) permitiendo procesos disipativos que no habían sido considerados en los códigos numéricos disponibles. Los resultados proporcionan una visión descriptiva de la geometría de la región de interacción así como del comportamiento fluido del viento solar y del material ionosférico con el que interacciona. Las variaciones espaciales de la densidad, temperatura y velocidad de ambas componentes derivadas del código se ajustan adecuadamente a las obtenidas en mediciones realizadas con vehículos espaciales en la vecindad de las ionosferas de los planetas Venus y Marte.

FE-2

### **TRANSPORT OF INTERPLANETARY CORONAL MASS EJECTIONS**

Lara Sánchez Alejandro

*Instituto de Geofísica, UNAM*

alara@geofisica.unam.mx

Coronal mass ejections (CMEs) are large scale structures of plasma and magnetic field expelled from the Sun to the interplanetary medium and generally observed in white light coronagraphs.

During their travel in the inner heliosphere, these "interplanetary coronal mass ejections" (ICMEs), suffer acceleration due to the interaction with the ambient solar wind. This process can be understood as a transference of momentum between the ICME and the ambient solar wind.

In this work, we approach the problem from the point of view of the fluid dynamics and consider the ICMEs - solar wind system as two interacting fluids.

We have determined exact solutions of the ICME velocity as a function of time and distance and by comparing our analytic results with observed interplanetary Type II bursts, we suggest values for the viscosity and drag coefficient parameters in this system.

FE-3

### **CATÁLOGO DE EYECCIONES SOLARES TIPO HALO**

Nájera Cantorán Marisol<sup>1</sup> y Muñoz Martínez Guadalupe<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN*

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

cosmos\_univergalax@hotmail.com

Las Eyecciones Solares (ES) son fenómenos eruptivos en el Sol, mediante los cuales grandes cantidades de plasma son lanzados a velocidades supersónicas hacia el medio interplanetario. Estos fenómenos se detectan mediante telescopios especiales, llamados coronógrafos, los que permiten observar la luz de la corona solar. Las imágenes obtenidas corresponden a un plano que es perpendicular a la línea de visión por lo que la determinación de las velocidades de los eventos dirigidos hacia la Tierra, conocidos como Eyecciones Solares tipo Halo (ESH), resulta casi imposible. En este trabajo se presenta la elaboración de un catálogo de ESH identificadas entre las ES registradas por el experimento LASCO a bordo del observatorio espacial SoHO entre 1996 y 2007. Para estos eventos se determinaron diferentes parámetros, entre ellos la velocidad de propagación obtenida por medio de la velocidad de expansión. Este parámetro es de gran importancia para la determinación del tiempo de arribo a la Tierra y no existe en ninguno de los catálogos existentes.

FE-4

### **OPTICAL PERCOLATION OF LASER RADIATION IN MATERIALS ASSISTED BY POROUS CLUSTERS**

Burlak Gennadiy, Vlasova Marina, Márquez Aguilar Pedro A. y Xixitla Cheron L.

*Universidad Autónoma del Estado de Morelos*

gburlak@uaem.mx

We investigate the optical transparency assisted by porous clusters in a ceramics. The structure and dynamical properties of the three-dimensional (3D) well porous ceramics is studied. Theoretical model based on the percolation theory, and numerical calculations are applied to explain the observed transition from opaque state to transparent state. Set of samples were fabricated by the technique of a slurry casting. The transmission of the optical radiation (optical percolation) over entire porous samples is observed since the critical concentration of porosity was exceeded. This effect is explained with the use of properties of the spanning cluster (that produces a set of effective optical waveguides) inside of porous structures. Our experimental measurements of the optical percolation are in good agreement to the numerical simulations.

## FE-5 CARTEL

**EL PROBLEMA DE LA COMPONENTE BZ DEL  
MEDIO INTERPLANETARIO EN LA RELACIÓN  
DEL CENTELLEO INTERPLANETARIO Y  
LOS ÍNDICES GEOMAGNÉTICOS AP Y DST**

Pérez Enríquez Román<sup>1</sup>, Carrillo Vargas Armando<sup>2</sup>,  
Kotsarenko Anatoliy<sup>1</sup> y López Cruz Abeyro José<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centro de Geociencias, UNAM*

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

roman@geociencias.unam.mx

Los datos de IPS del radiotelescopio de Cambridge, Inglaterra se ha utilizado extensamente para estudiar la relación entre las actividades solar y geomagnética. En el análisis del llamado índice I35 de Harrison et al. y el índice geomagnético Ap se encontró una distribución de forma triangular que muestra una débil correlación con una gran dispersión que ha sido interpretada como debida al hecho de que grandes valores de Ap (pero no de I35) están asociados con la presencia de una componente Bz del campo magnético interplanetario. Esto hace suponer que la actividad geomagnética no puede ser predicha utilizando IPS. No obstante, en el análisis del índice global G de IPS con el índice geomagnético Dst que hemos realizado para el periodo 1991-1994, encontramos una marcada anticorrelación con un retraso de 2 días, que 94% de grandes tormentas geomagnéticas (caída a menos de -70 nT) presentan una anomalía positiva en G, y un pico de 2.93 sigmas en el análisis de épocas superpuestas de las 16 tormentas geomagnéticas, que empieza 2 días antes. En este trabajo hacemos una interpretación de los resultados mencionados que se basa en que, por un lado, si se corta la distribución triangular dejando sólo los valores más altos de Ap, la correlación con el IPS no es pequeña, y por el otro, dado que el acoplamiento viento solar-magnetosfera es afectado por el comportamiento a largo plazo de la turbulencia del viento solar, es allí donde el IPS se hace más importante, aun cuando las anomalías positivas de G no son necesariamente el único factor involucrado. No obstante, en el periodo mencionado sólo en 23 ocasiones el gradiente de G exedió el valor señalado en el pico del análisis de épocas superpuestas. Esto es, las anomalías positivas de G no son un fenómeno común, por lo que proponemos que aun cuando las anomalías positivas de G pueden no ser determinantes en la predicción de Dst, dan al menos una información valiosa en situaciones favorables para la actividad de tormenta geomagnética.

## FE-6 CARTEL

**THE STATUS OF THE MEXICAN ARRAY  
RADIO TELESCOPE MEXART IN ROUTE  
TO THE NEXT SOLAR MAXIMUM**

Carrillo Vargas Armando<sup>1</sup>, González Esparza Américo<sup>1</sup>,  
Andrade Mascote Ernesto<sup>1</sup>, Aguilar Rodríguez Ernesto<sup>1</sup>,  
Pérez Enríquez Román<sup>2</sup>, Casillas Pérez Gilberto<sup>1</sup>, Sierra  
Figueredo Pablo<sup>3</sup>, Vázquez Hernández Samuel<sup>3</sup>, Kurtz Stanley<sup>4</sup>,  
Selvanayagam S.A.<sup>5</sup>, Sankar Ganaphati<sup>5</sup> y Gutiérrez Cleso<sup>6</sup>

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

<sup>2</sup>*Centro de Geociencias, UNAM*

<sup>3</sup>*Instituto de Geofísica y Astronomía, CITMA*

<sup>4</sup>*Centro de Radioastronomía y Astrofísica, UNAM*

<sup>5</sup>*National Centre for Radio Astronomy, Tata  
Institute of Fundamental Research, India*

<sup>6</sup>*Instituto Nacional de Óptica y Electrónica*

armando@geofisica.unam.mx

We report the status of the Mexican Array Radio Telescope (MEXART) in preparation for the next solar maximum. During this epoch, the MEXART will be one of the four dedicated radio telescopes (with the ORT in India; STEL in Japan; and MWA in Australia) to track large-scale structures in the solar wind using the interplanetary scintillation (IPS) technique. This network of IPS observatories will produce, for the first time, four g maps of the sky showing the size and shape of disturbances between the Sun and the Earth. We describe the operation and current observations of the first IPS radio sources at 140 MHz detected by the MEXART. These observations use a plane dipole array of 1024 elements (16 lines with 64 dipoles each one), feeding a Butler matrix of 16x16 ports. This system generates 16 lobes at fixed declinations covering 1200 (from -400 South to 800 North). The beam fan uses the Earth's rotation to cover the whole sky. The observations that will be made with the network of observatories of interplanetary scintillation will complement the observations of other observatories, instruments in situ, space probes, satellites, among others.

## FE-7 CARTEL

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL  
DIGITAL PARA UNA MATRIZ DE BUTLER DEL MEXART**

Baez Ordaz Alberto, Carrillo Vargas  
Armando y Andrade Mascote Ernesto

*Instituto de Geofísica, UNAM*

galindo\_baez@hotmail.com

Se presenta el diseño e implementación de un sistema de control digital para el manejo de una matriz de Butler de 16x16 que actualmente se emplea para realizar observaciones en el MEXART. El sistema de control digital consiste en un software programado en Java, en el cual permite seleccionar de entre los 16 canales que maneja la matriz de Butler, en conjunto con un interface física entre el computador y los switches de la matriz de Butler, para controlar la matriz de Butler se utiliza el puerto paralelo del ordenador, con el cual se envían 5 bits a través de la interface antes mencionada, y para la conexión con la matriz de Butler se cuenta con un circuito impreso que convierte los bits del puerto paralelo en señales que controlan los switches de multiplexación de canal, el software programado en java tiene

la posibilidad de expansión a una matriz de 32x32, y tiene la versatilidad de ser multiplataforma.

FE-8 CARTEL

### ANÁLISIS DE OBSERVACIONES PARA CALIBRACIÓN DEL MEXART

Mejía Ambriz Julio César, Villanueva Hernández Juan Pablo,  
González Esparza Américo, Carrillo Vargas Armando, Aguilar  
Rodríguez Ernesto, Andrade Mascote Ernesto y Casillas Pérez Gilberto

*Instituto de Geofísica, UNAM*

julio@ifm.umich.mx

En las observaciones más recientes del MEXART se usa como herramienta una matriz de Butler para desplegar un abanico de 16 haces que barren el cielo a distintas declinaciones, esto nos permite identificar fuentes de radio estelares en una amplia región del espacio. En esta presentación se muestran fuentes de radio detectadas con una sección de la antena del radiotelescopio, tales radiofuentes son de interés para calibración, también se ilustra la directividad y eficiencia de los haces con el fin de caracterizarlos y determinar el comportamiento de la antena.

FE-9 CARTEL

### SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AMPLIFICADORES DE PRIMER Y SEGUNDO NIVEL EN EL ARREGLO DIPOLAR DEL MEXART

Vázquez Hernández Samuel<sup>1</sup>, Sierra Figueredo  
Pablo<sup>1</sup>, Andrade Mascote Ernesto<sup>2</sup>, Carrillo  
Vargas Armando<sup>2</sup> y González Esparza Américo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Geofísica y Astronomía, CITMA*

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

samuel@iga.cu

La construcción de un radiotelescopio para detectar centelleo interplanetario en México (MEXART) tiene como objetivo científico principal el rastreo de perturbaciones transitorias de gran escala que viajan del Sol a la Tierra. El estudio emplea la técnica del CIP, la cual se basa en el centelleo que las perturbaciones interplanetarias producen en las señales provenientes de fuentes de radio cósmicas de diámetro pequeño.

El radiotelescopio, como arreglo dipolar, esta constituido por una gran cantidad de elementos con características muy específicas, necesarias a tener en cuenta a la hora de su instalación, pues de su correcta interpretación dependerá en gran medida el resultado final.

Un elemento esencial en este conjunto de componentes son los amplificadores, debido a sus características propias e influencia sobre la señal, además de tener la ventaja de ser un dispositivo activo que por consiguiente nos permite actuar sobre el.

El presente trabajo refleja el diseño y una serie de consideraciones acerca del sistema de alimentación de los amplificadores de primer y segundo nivel, etapa de primordial importancia en el recorrido de la señal, otorgándole a la misma los niveles necesarios, para su posterior procesamiento.

FE-10 CARTEL

### CONSTRUCCIÓN DE UN RECEPTOR SUPERHETERODINO A 139.65 MHZ PARA EL MEXART

Andrade Mascote Ernesto<sup>1</sup>, Jeyapalam Selvanayagam  
A.<sup>2</sup>, Carrillo Vargas Armando<sup>1</sup>, Jeyakumar Solay<sup>3</sup>,  
González Esparza Américo<sup>1</sup> y Aguilar Rodríguez Ernesto<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*RAC, NRCA, TIFR, India*

<sup>3</sup>*Universidad de Guanajuato*

eandrade@geofisica.unam.mx

En este trabajo se reporta el diseño y realización un receptor superheterodino a 139.65 MHz para el radiotelescopio de Centelleo Interplanetario (Mexican Array Radiotelescope: MEXART), El Radiotelescopio de Centelleo Interplanetario perteneciente al Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en Coeneo, Michoacán tiene como principal objetivo rastrear perturbaciones que viajan del Sol a la Tierra. Utilizando la técnica del CIP (Centelleo Interplanetario). El MEXART, es un radiotelescopio para estudiar la actividad solar. La actividad de Sol puede inducir severas variaciones denominadas tormentas geomagnéticas, las cuales afectan una gran variedad de sistemas y equipos, incluyendo telecomunicaciones, transformadores, gasoductos, satélites, etc. Las componentes básicas del MEXART son la antena, el sistema de amplificación, la matriz de Butler, los receptores, y el sistema de adquisición de datos. La antena del MEXART consiste en un arreglo rectangular de 4096 dipolos en un área de 9500 m<sup>2</sup>. En la dirección este-oeste tiene una longitud de 140 metros y en la dirección norte-sur mide 80 metros. El MEXART es un instrumento de tránsito, sus lóbulos apuntan a declinaciones diferentes en el plano norte-sur. Las características técnicas del radiotelescopio incluyen los parámetros siguientes: frecuencia central de operación de 139.65 MHz, ancho de banda de 15 MHz, la antena es un arreglo de 64 líneas con 64 dipolos de onda completa, 2 receptores superheterodinios y 2 matrices de Butler de 32 puertos. El arreglo de dipolos permitirá al radiotelescopio MEXART, estudiar la radiación electromagnética solar y de otros cuerpos celestes que emiten en la banda de frecuencias mencionada. El Receptor aquí presentado servirá para propósitos generales de calibración del arreglo planar. Una de las características de nuestro diseño es que integra a cada una de las etapas en una arquitectura completamente modular. Este diseño pone énfasis en cada uno de sus bloques pero en particular al primer filtro paso banda de RF y a los sistemas de amplificación de IF, el filtro paso banda es de banda estrecha y con una pérdida muy baja, este parámetro es muy importante ya que cualquier pérdida en este punto se suma a la figura de ruido del receptor. Posteriormente tenemos la etapa del mezclador y oscilador local, amplificación de frecuencia intermedia FI, sistema detector e integrador de señal. El receptor deberá acondicionar la señal captada por la antena para ser convertida en una señal analógica y posteriormente digitalizarla para ser almacenada, procesada y analizada para obtener los resultados de análisis estadístico y de calibración del Radiotelescopio.

## FE-11 CARTEL

**MANEJO EN TIEMPO REAL DE ARCHIVOS DE DATOS GENERADOS CON LAS OBSERVACIONES DEL MEXART**

Casillas Pérez Gilberto<sup>1</sup>, Jeyakumar Solay<sup>2</sup>, Carrillo Vargas Armando<sup>1</sup>, Andrade Mascote Ernesto<sup>1</sup>, González Esparza Américo<sup>1</sup> y Aguilar Rodríguez Ernesto<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*Universidad de Guanajuato*

gacp@geofisica.unam.mx

El estudio de las perturbaciones a gran escala que viajan desde el Sol hacia la Tierra es de gran importancia, debido a que éstas pueden interactuar con el campo magnético de la Tierra y provocar severas variaciones llamadas tormentas geomagnéticas. El Radiotelescopio de Centelleo Interplanetario (MEXART), de Coeneo Michoacán, es un radiotelescopio configurado para detectar fuentes de radio cósmicas, que permitirá rastrear perturbaciones transitorias de gran escala en su trayectoria del Sol a la Tierra, usando la técnica de Centelleo Interplanetario (IPS). En este trabajo se describen procesos computacionales involucrados en la adquisición, generación y manejo de archivos de datos en tiempo real observados en el MEXART. En el trabajo se muestran algunos resultados obtenidos con observaciones del MEXART.

## FE-12 CARTEL

**ONDAS ULF MAGNETOSFERICAS DIRECTAMENTE CONDUCCIDAS POR OSCILACIONES DEL VIENTO SOLAR**

López Cruz Abeyro José<sup>1</sup> y Chi Peter<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Centro de Geociencias, UNAM*

<sup>2</sup>*Institute of Geophysics and Planetary Science, UCLA, EUA*

lcabeyro@geociencias.unam.mx

Las ondas de Ultra Baja Frecuencia (ULF) en la magnetosfera juegan un importante papel en la energización de las partículas del manto de radiación. Actualmente, está bien comprendido, que diferentes condiciones del viento solar de macro escala pueden favorecer la excitación de ondas ULF. La inestabilidad de Kelvin-Helmholtz durante viento solar de alta velocidad y las reconexiones lado día y lado noche durante la permanencia del campo magnético interplanetario IMF en dirección sur son dos ejemplos de la indirecta asociación entre las ondas ULF en el viento solar y la magnetosfera. En años recientes, se ha incrementado la atención de los científicos en relación a la conducción directa de las ondas ULF magnetosfericas por las oscilaciones del viento solar. Estas oscilaciones en el rango ULF en el viento solar puede provenir en parte por las oscilaciones de modo normal del Sol. En este estudio evaluamos la importancia que tienen las oscilaciones del viento solar en la conducción directa de las ondas ULF magnetosfericas a través de examinar la correlación entre las observaciones del viento solar y la magnetosfera. Los datos incluyen el comportamiento de los registros del campo interplanetario colectados por la misión GEOTAIL, los datos de campo magnético del satélite Polar, y los datos de las observaciones de los magnetómetros terrestres de la red continental McMAC (Mid-continent Magnetoseismic Chain). Encontramos que las oscilaciones del viento solar en general se asemejan a las ondas ULF magnetosfericas en el contenido espectral. En varios eventos hemos examinado coherencia para

periodos de onda tan grandes como 5 minutos en menos que 0.4, contradiciendo la noción de que las ondas ULF de baja frecuencias en el viento solar pueden conducir directamente las oscilaciones magnetosfericas en la misma frecuencias. Nuestros resultados también implican que el proceso físico interno en la magnetosfera, tal como la resonancia de línea de campo, podría ser mas importante en definir el espectro ULF en la magnetosfera.

## FE-13 CARTEL

**INFLUENCIA DE PERTURBACIONES EN LA IONOSFERA DETECTADAS CON DISPOSITIVOS GPS SOBRE DATOS DE CENTELLEO INTERPLANEARIO, ONDAS ULF Y OTROS PARÁMETROS MEDIDOS EN TIERRA**

López Montes Rebeca<sup>1</sup>, Pérez Enríquez Román<sup>1</sup>, Carrillo Vargas Armando<sup>2</sup>, Araujo Pradere Eduardo<sup>3</sup>, Kotsarenko Anatoliy<sup>1</sup>, López Cruz Abeyro José<sup>1</sup>, Aldana Vázquez Araceli<sup>4</sup> y Chávez Alegría Omar<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Centro de Geociencias, UNAM*

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

<sup>3</sup>*Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, University of Colorado at Boulder, USA*

<sup>4</sup>*Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM*

<sup>5</sup>*Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro*

rebe\_k19@hotmail.com

El Radiotelescopio de Centelleo Interplanetario MEXART, en Coeneo, Michoacán, realiza observaciones de señales de centelleo interplanetario (IPS, por sus siglas en inglés); en el Observatorio de Geoelectromagnetismo, en Juriquilla, Querétaro, se obtienen señales magnéticas de ultrabaja frecuencia (ULF) y radón bajo tierra; y en otros sitios, como fallas geológicas e inmediaciones del volcán Popocatepetl, se detectan también señales magnéticas de ULF y radón. El IPS se utiliza para estudiar la estructura de la heliosfera interna en 3 dimensiones, clima espacial y las relaciones Sol-Tierra; las magnéticas de ULF y radón para estudiar el clima espacial y las emisiones tectonofísicas. Dichas señales se ven afectadas por la presencia de perturbaciones transitorias de la ionosfera (una medida del grado de perturbación está dado por la concentración total de electrones, o TEC, por sus siglas en inglés) las cuales tienen su origen primario en la actividad solar. El TEC puede ser deducido a partir de las mediciones obtenidas con dispositivos GPS de buena resolución, lo que permite caracterizar la ionosfera sobre dichos observatorios utilizando el programa IRI (International Reference Ionosphere) el modelo ionosférico empírico más ampliamente utilizado, y standard para la comunidad de ciencia espacial, desarrollado bajo los auspicios de COSPAR, y el modelo de asimilación de datos MAGIC, producto de una colaboración entre NOAA, NGS y la Universidad de Colorado, EUA. Gracias a ello, es posible filtrar o analizar las señales de IPS, magnetómetros de ULF y emisión de gas radón y rayos gamma, considerando las perturbaciones ionosféricas. Por otro lado, las perturbaciones solares pueden afectar el campo magnético de la Tierra (i.e. tormentas geomagnéticas) ocasionando daños en satélites y sistemas de telecomunicaciones, en los propios sistemas de posicionamiento global (GPS), plantas y redes de suministro de energía eléctrica, sistemas de conducción de petróleo o gas, astronautas llevando a cabo actividades fuera de los vehículos espaciales y pasajeros de aviones. Por estas razones, se plantea un proyecto cuyos objetivos son la obtención del TEC sobre diversos sitios de México, así como el análisis de los datos de los parámetros antes señalados para diferentes estados de actividad solar, y por tanto de la ionosfera, con el fin de determinar su grado

de influencia. Consideramos que los estudios planteados en este proyecto son de gran relevancia porque permiten vislumbrar la posibilidad de discriminar posibles fuentes de error como serían las perturbaciones mencionadas.

## FE-14 CARTEL

### ANÁLISIS DE PERTURBACIONES IONOSFÉRICAS SÚBITAS DETECTADAS A BAJA FRECUENCIA

Felipe Matías Jorge Humberto<sup>1</sup>, Camacho Pérez Vianey Edaly<sup>1</sup>, Estrada Arreola Juan Cecilio<sup>1</sup>, Guerra Vázquez José César<sup>1</sup>, Aguilar Rodríguez Ernesto<sup>2</sup> y Andrade Mascote Ernesto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, UMSNH

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

jhumberto\_fm@hotmail.com

La ionosfera es la capa más externa de la atmósfera terrestre y se encuentra ionizada debido a la radiación proveniente del Sol. Durante el día, la ionosfera se encuentra altamente ionizada. Sin embargo, durante la noche esta ionización decrece considerablemente. Por lo tanto, existe un ciclo diario asociado al estado de ionización de la ionosfera. Además de las fluctuaciones que día con día se presentan en la ionosfera, la actividad solar puede causar dramáticos cambios en esta región. Cuando la energía de una fulguración solar u otra perturbación alcanza la Tierra, el estado de ionización de la ionosfera crece súbitamente, modificando la densidad y localización de las diferentes regiones que la conforman. A este fenómeno se le conoce como "perturbación ionosférica súbita" de aquí las siglas SID (Sudden Ionospheric Disturbance) que corresponden al monitor utilizado para este trabajo, en el cual presentamos las observaciones de perturbaciones ionosféricas súbitas obtenidas por el SSIDM (solar sudden ionospheric disturbance monitor). El SSIDM es un proyecto educacional de la Universidad de Stanford, en el que un grupo de estudiantes construyen una antena de baja frecuencia (~24 kHz) y la universidad proporciona el receptor de la antena y software necesario para hacer un monitoreo continuo de señales de radio y poder detectar perturbaciones ionosféricas súbitas, cuando éstas suceden. Los datos obtenidos por nuestro monitor SID son puestos en línea para ser comparados con los datos obtenidos por otros monitores que se encuentran en diferentes partes del mundo y que, en su conjunto, forman una red mundial de monitores. Con esta red podemos tener un registro completo de la actividad solar en la ionosfera, pues aunque en algunos sitios sea de noche y decrezca la ionización, la actividad solar continúa y esta será registrada por los monitores del otro lado del mundo.

## FE-15 CARTEL

### PROPAGATION OF DUSTY SOUND WAVES IN THE DUSTY PLASMA WAVEGUIDES FORMED BY PARTICLES WITH VARIABLE MASSES

Grimalsky Vladimir<sup>1</sup>, Koshevaya Svetlana<sup>1</sup>, Medina I.L.<sup>1</sup>, Kotsarenko Anatoliiy<sup>2</sup> y Pérez Enríquez Román<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Estado de Morelos

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, UNAM

v\_grim@yahoo.com

Dusty plasmas in space, the Earth's ionosphere, and in volcano eruptions now are under investigations. An important property of dusty plasmas is the support of various waves and oscillations, both linear and nonlinear ones. As usually, the dusty plasmas are inhomogeneous, for instance, ducts in the ionosphere, volcano fumaroles etc., and can produce the waveguides for plasma waves. In the report, the waveguides created by the distribution of dusty particles with various masses  $m = m(x)$  are investigated. Here  $x$  is the transverse coordinate whereas the dusty sound waves propagate along the  $z$ -direction.

A general method to analyze the dusty acoustic waveguides is presented. This method is based on hydrodynamics for the dust with the variable mass of particles. The solution of the problem of propagation of linear modes has been obtained by the shooting method. In the case of contact of dusty plasma with a semi-infinite dielectric, there exists the dusty acoustic mode that possesses the negative group velocity (backward wave) in the specified interval of wave numbers. This phenomenon takes place, when the mass of dust particles is maximum in the center of the waveguide. The necessary conditions for existence of such a mode have been determined. This mode can be used for soliton excitation, because also there exists the value of the wave number where the group velocity is equal to zero and the wave dispersion is high. When the mass of dust particles is minimum in the center of the waveguide, the peculiarities of the dependence of transverse electric field on the transverse coordinate  $x$ , like non-monotonic transverse profile, can occur.

Sesión Regular

# **Geodesia**

Organizadores:

Joan Stock

Enrique Cabral

Ramón García López

## GEOD-1

### TECNOLOGIA FOTOGRAMETRICA PARA LA GENERACION Y ACTUALIZACION DE CARTAS TOPOGRAFICAS CON EL TRATAMIENTO COMBINADO DE IMAGENES AEROCOSMICAS

Aguilar Villegas Juan Martín, Trejo Soto Manuel y Plata Rocha Wenseslao

Universidad Autónoma de Sinaloa

agularv@uas.uasnet.mx

Actualmente en muchos países del mundo, para la práctica de los trabajos geodésicos se introducen las tecnologías digitales de punta, en la generación y actualización de la cartografía a diferentes escalas utilizando imágenes de levantamientos aerocósmicos.

Hoy en día México cuenta con el cubrimiento total del territorio nacional, mediante levantamientos fotográficos aéreos a escala 1: 75 000, con lo que ha sido posible obtener la cartografía del país a escala 1:50 000, la cual se considera como la base para la información geográfica del suelo nacional. También cuenta con información gráfica, aunque de manera parcial, de algunas zonas territoriales de la nación a escalas mas grandes como 1: 37 500 y 1: 20 000.

Sin embargo y debido a diferentes circunstancias los tiempos que se han requerido para la realización en la recopilación de dicha información, han rebasado los tiempos programados para tal efecto, planteados en la normatividad correspondiente a dichos trabajos, más aun, los tiempos considerados para la actualización de esa información, por lo que la producción cartográfica nacional, aun es insuficiente.

Como una opción para optimizar los tiempos y costos en la creación de nueva cartografía es necesario actualizar la tecnología empleada para ello, en base al uso de los sistemas actuales de levantamiento aerocósmico y de los métodos de tratamiento fotogramétrico digital de las fotografías obtenidas con ellos.

En base a ello, planteo el uso de la tecnología basada en el tratamiento combinado de las fotografías aéreas de archivo a escalas medias y las fotografías cósmicas de alta resolución actuales.

Para efectos de determinar la efectividad de esta tecnología, realice un trabajo experimental, en el cual se procesaron imágenes aéreas y cósmicas de una determinada zona del territorio mexicano en un sistema fotogramétrico digital.

Con el procesamiento de las imágenes aéreas de archivo se construyo la fototriangulación aérea y el modelo digital del terreno. Las imágenes cósmicas se orientaron con ayuda de puntos de control de las imágenes aéreas de archivo. Para la construcción de los fotoplanos se utilizaron las imágenes cósmicas (SPOT-5 e IKONOS) y el DTM obtenido de las imágenes aéreas de archivo. La vectorización para la carta digital se realizo en base a los fotoplanos obtenidos con las imagenes cósmicas y las curvas de nivel se obtuvieron del DTM.

En función de los valores de los errores resultantes y de acuerdo con la normatividad vigente en el país, se demuestra la efectividad de esta tecnología, para la realización y actualización de cartas topográficas de escala grande, misma que permite reducir los tiempos y economizar costos en comparación a las tecnologías tradicionales.

## GEOD-2

### INTERACCION DE UN LEVANTAMIENTO GEODESICO Y UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO

Moraila Valenzuela Carlos Ramón<sup>1</sup>, Medina Juan Pablo<sup>2</sup> y Osuna Luis Fernando<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa

<sup>2</sup>Gobierno del Estado de Sinaloa

cmoraila@uas.uasnet.mx

Los métodos tradicionales para el levantamiento de redes geodésicas y topográficas son costosos y laboriosos presentando además problemas de inter visibilidad y accesibilidad a puntos en zonas montañosas y áreas con una gran cantidad de obstáculos. Con el advenimiento de los métodos de levantamiento geodésicos basados en observaciones satelitales, como los Sistemas Globales de Posicionamiento, es posible realizar el posicionamiento en forma más eficiente, precisa y con un costo no significativamente mayor. Sin embargo, en levantamientos de carácter masivo o extenso resulta aun más económico.

Por otro lado las técnicas de levantamiento geodésico- topográfico de apoyo a proyectos cartográficos e ingenieriles de impacto regional, como es la delimitación de la propiedad, se han desarrollado vertiginosamente en las últimas décadas, de forma que los trabajos se realizan de una forma más eficiente, automatizada, precisa y confiable, permitiendo la geo-referenciación ligada a los sistemas internacionales vigentes a los cuales se apega INEGI.

Para este propósito es necesario el establecer una red geodésica de apoyo, la cual brinde las precisiones necesarias para la generación de la cartografía a escala 1 2000.

La delimitación precisa y confiable de los límites federales costero-marítimos representa el instrumento jurídico por excelencia para definir y ejercer los derechos de propiedad pública y privada tanto en titularidad como en el ejercicio de aplicación de impuestos sobre la renta y la propiedad.

El presente trabajo plantea la delimitación de la zona costera federal del estado de Nayarit empleando observaciones del Sistema Global de Posicionamiento tanto para el establecimiento del apoyo geodésico requerido como para las actividades propias de la delimitación.

De las mediciones realizadas se estableció un sistema de información con el cual se organizo, analizo y además se realizo la cartografía de la zona costera, aplicando algoritmos automatizados para ello.

## GEOD-3

### ALTURAS GEOIDALES EN ZONAS URBANAS A PARTIR DEL MODELO GEOPOTENCIAL EGM2008

García López Ramón Victorino<sup>1</sup>, Molina Saucedo Edgardo<sup>2</sup> y Guzmán Galindo Tiojari Dagoberto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa

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

rgarcia@uas.uasnet.mx

Se presenta un procedimiento de calculo de la altura geoidal N con respecto al elipsoide WGS84 empleando el modelo

geopotencial EGM2008. Se realiza un análisis de contribución y de precisión de los términos principales de la fórmula a aplicar.

Las masas topográficas, que se asumen con una densidad constante, son consideradas mediante la placa de Bouguer y empleando la anomalía libre que a su vez se obtiene también del modelo geopotencial. El valor de la altura sobre el nivel medio del mar que se requiere en la anomalía de Bouguer se calcula a partir de un modelo digital de alturas.

El procedimiento de cálculo se aplica en el área de la ciudad de Culiacán, utilizándose una malla de puntos con separación de arco de un minuto. Las pruebas indican que el efecto de las masas topográficas en N debe tomarse en cuenta para cálculos precisos. Por su parte la altura SNMM a priori requerida, se obtiene a partir de un modelo de alturas. Se realizan también análisis de comparación con el modelo EGM96 y los recientes modelos de INEGI para México.

GEOD-4

#### **DETERMINACIÓN DE UN GEOIDE LOCAL PARA MÉXICO USANDO LA METODOLOGÍA EMPLEADA CUANDO SE MIDE GRAVEDAD AEROTRANSPORTADA**

Vázquez Becerra Guadalupe Esteban, García López Ramón Victorino, Trejo Soto Manuel y Arana Medina Anibal Israel

*Universidad Autónoma de Sinaloa*

gvazquez@uas.uasnet.mx

Se determinó un geoide local para cierta área del territorio mexicano siguiendo la metodología que se emplea cuando se realizan mediciones de gravedad aerotransportada. El geoide local se calculó usando las componentes de las deflexiones de la vertical ( $\#,\#$ ), las cuales posteriormente se expresaron en términos de las componentes horizontales (HC) del vector perturbante de gravedad. Cabe señalar que la determinación del geoide es una tarea fundamental en la actualidad considerando el hecho de que los Sistemas Globales de Posicionamiento (GPS) pueden servir de base para calcular alturas ortométricas una vez conocida la ondulación del geoide (N). Así mismo, las mediciones con GPS siempre serán más convenientes que las mediciones clásicas de nivelación geométrica y trigonométrica. De tal manera que se recomienda tomar ventaja de las mediciones satelitales cuando se pretenda obtener un modelo de geoide local (al centímetro). Comúnmente en la literatura se pueden encontrar diferentes métodos para la determinación del geoide, donde el método de Condensación de Helmert da precisiones del orden del centímetro (ejemplo: Vanišek y Kleusberg, 1987; Wang y Rapp, 1990; Martinec et al., 1993; Heck, 1993; Vanišek y Martinec, 1994; Najavandchi, 2001; Jekeli y Serpas, 2002). De tal manera que el objetivo fundamental de este experimento consiste en la aplicación de este método para determinar un geoide local utilizando "mediciones de gravedad aerotransportada" para cierta región de México. Con el propósito de validar el geoide calculado, este fue comparado con un geoide gravimétrico desarrollado por el NGS (National Geodetic Survey). En base a las estadísticas de los resultados puede observarse una buena comparación entre el geoide calculado por el NGS y el geoide determinado como resultado del experimento haciendo factible el hecho de que es posible determinar un geoide para el territorio mexicano empleando la metodología de mediciones de gravedad aerotransportada.

GEOD-5

#### **EVALUACIÓN DE INTEGRALES GEODÉSICAS EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE FOURIER**

Arana Medina Anibal Israel, García López Ramón Victorino, Trejo Soto Manuel y Vázquez Becerra Guadalupe Esteban

*Universidad Autónoma de Sinaloa*

aarana@uas.uasnet.mx

Se presentan procedimientos de evaluación e inversión de las integrales geodésicas de mayor aplicación: Poisson, Stokes Hotine y Vening Meinesz. Se aplican técnicas basadas en 1D-FFT para evaluar integrales geodésicas, definidas sobre la esfera. Dichas técnicas tienen la ventaja de ser más eficientes que la integración numérica directa y al mismo tiempo más precisas que empleando los métodos basados en 2D-FFT. Una situación similar existe para el caso de la inversión. Sin embargo los errores producidos con la deconvolución asociada pueden provocar que el método 1D-FFT sea menos preciso que la inversión directa.

Para cada integral, además de analizarse los correspondientes núcleos, se presenta un estudio de evaluación e inversión que combina el método iterativo Landweber con 1D-FFT. El método Landweber permite utilizar grandes cantidades de datos, además es implementado de manera que reduce los errores de convolución. Las pruebas se basan en el empleo de datos simulados a partir de los modelos geopotenciales EGM96 y EGM2008.

GEOD-6

#### **ANÁLISIS DE PROCESOS DEFORMANTES EN UN POLIGONO GEODESICO LOCAL UTILIZANDO TECNOLOGIA SATELITAL**

Trejo Soto Manuel<sup>1</sup>, Díaz Hernández Ciro de la C.<sup>2</sup>, Aguilar Villegas Juan Martín<sup>1</sup>, García López Ramón Victorino<sup>1</sup> y Plata Rocha Wenseslao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Sinaloa

<sup>2</sup>Escuela de Ingeniería, Universidad Autónoma de Sinaloa

mtrejos@uas.uasnet.mx

La etapa actual del desarrollo de las Ciencias de la Tierra a alcanzado progresos notables, lo que en mucho se puede explicar por la intensiva aplicación de las tecnologías satelitales, que garantizan, en lo particular, el estudio de los comportamientos dinámicos de la Tierra bajo el influjo de diversas fuerzas internas y externas.

Un papel significativo han jugado los métodos satelitales de posicionamiento que permiten, con un alto nivel de precisión, estudiar la forma geométrica de la Tierra, su giro no uniforme, los movimientos de las placas de la litosfera, las deformaciones de la corteza terrestre, el fenómeno de los flujos de las mareas, los parámetros del campo gravitacional de la Tierra, distintos procesos exógenos, así como una serie de otras tareas particulares ligadas al estudio de la Tierra.

Un interés marcado hacia el estudio de los fenómenos geodinámicos aparece, generalmente, en zonas donde se encuentran en construcción y explotación grandes obras de ingeniería, así como en las grandes urbes. La creación de polígonos geodésicos locales (como el proyectado en la cd de Culiacán y en la zona de la presa Sanalona), esta orientada



a estudiar, comprender y utilizar adecuadamente, fenómenos tales como las deformaciones de la superficie Terrestre, condicionadas por factores exógenos, tectónicos, hidrológicos, etc., y que de manera activa influyen en las estructuras geológicas superficiales, con el objetivo de prevenir catástrofes y tomar las medidas adecuadas para evitar pérdidas humanas y económicas.

El análisis de los métodos geodesicos aplicando métodos satelitales confirma el hecho de que, en las distintas etapas de solución de la tarea planteada, surge la necesidad de utilizar y aplicar soluciones no convencionales, que se diferencian sustancialmente a las soluciones para problemas análogos aplicando los métodos geodésicos tradicionales. Tales particularidades en los métodos de estudio se aplican, principalmente en el estudio de los procesos geodinámicos, característicos en el comportamiento de la superficie terrestre en territorios comparativamente pequeños.

GEOD-7

### **DISEÑO Y OPTIMIZACION DE UNA RED GEODESICA, CASO RED GEODESICA DE LA CD. DE CULIACAN**

Moraila Valenzuela Carlos Ramón y Núñez Paez Alonso

*Universidad Autónoma de Sinaloa*

cmoraila@uas.uasnet.mx

El correcto y óptimo diseño así como la subsiguiente evaluación de las redes geodésicas es una parte integral de la mayoría de los proyectos de medición. Por tanto la optimización y el diseño son llevados a cabo antes de la realización de las mediciones. Una red geodésica es diseñada y mejorada en términos de alta confiabilidad y los resultados son comparados con aquellos obtenidos por un análisis técnico robusto. La proposición de un óptimo diseño es para resolver configuraciones de redes y observaciones de precisión con el fin de encontrar el criterio deseado.

Aquí se plantea que el diseño y optimización en el establecimiento de redes geodésicas debe ser cuidadosamente realizado, obteniendo en ello una configuración geométrica que satisfaga la necesidades cubriendo además con los criterios de precisión antes de efectuar las mediciones geodésicas en cada uno de sus puntos.

Algunas pruebas realizadas de robustez y confiabilidad indican que la configuración geométrica de una red determina la capacidad para detectar ciertos niveles mínimos de deformaciones.

Además se denoto invariante la confiabilidad y la robustez de la red tomando como puntos rígidos diversas opciones, así como la utilización de diversos programas computacionales, realizando análisis de comparatividad de sus resultados seleccionados con posiciones geodésicas conocidas en el ajuste de la red.

GEOD-8

### **OBTENCIÓN DE VAPOR DE AGUA A PARTIR DE MEDICIONES CON GPS: CASO PARTICULAR LA RED TAMDEF EN LA ANTARCTICA**

Vázquez Becerra Guadalupe Esteban

*Universidad Autónoma de Sinaloa*

gvazquez@uas.uasnet.mx

Se realizó un experimento con el objetivo de obtener vapor de agua (PWV) a partir de mediciones realizadas usando los Sistemas Globales de Posicionamiento (GPS) para los años 2000-2005. Para ello se consideraron tres de las estaciones (Fishtail Point, FTP1; McMurdo, MCM4; y Cape Roberts, ROB1) de la red GPS TAMDEF (Trans Antarctic Mountain DEformation) con mayor cantidad de datos. La estimación de GPS-PWV puede ser fundamental en la predicción del clima en regiones como la Antártica y esto puede ser validado utilizando datos de vapor de agua de estaciones meteorológicas, de modelos numéricos de prevención del clima (ejemplo: AMPS, Antarctic Mesoscale Prediction System) y de radiosondas. La integridad de los datos GPS fue primeramente verificada utilizando el software comercial TEQC (Test of Quality Check) distribuido por UNAVCO para posteriormente ser procesados utilizando el software denominado PAGES (Program for the Adjustment of GPS Ephemerides) desarrollado por Schenewerk et al. (2000) en el modo de diferencias dobles con intervalos de medición a 30 segundos y usando efemérides precisas diseminadas por el IGS (International GPS Service). Para la obtención de GPS-PWV se utilizaron dos modelos atmosféricos óptimos (Marini y Saastamoinen) con sus respectivas funciones de mapeo (Niell, CfA-2.2 y Marini) para obtener la parte húmeda de la troposfera (WZD) la cual fue transformada posteriormente a vapor de agua siguiendo la metodología propuesta por Bevis et al. (1992). Los resultados de GPS-PWV indican un buen comportamiento entre funciones de mapeo Niell y CfA-2.2, sin embargo cuando se utiliza el modelo atmosférico de Marini con su correspondiente función de mapeo los resultados son mejores y esto se observa en los valores de la media aritmética (~3-4 mm. para las estaciones involucradas). Cabe puntualizar que los resultados de GPS-PWV muestran un desplazamiento (ó bias) de ~2.3 mm. al ser comparados con mediciones de Radiosondas-PWV y de ~1.5 mm. al ser comparados con AMPS-PWV específicamente para la estación de MCM4. Un potencial contribuidor a este desplazamiento puede ser atribuido al caso de que la antena GPS en la estación de MCM4 no ha sido calibrada hasta el momento. Otra causa potencial de este desplazamiento es que el software PAGES utiliza ciertos coeficientes específicos en el procedimiento empleado para obtener los valores de GPS-PWV los cuales fueron obtenidos para estaciones GPS en los Estados Unidos de Norteamérica y estos pueden ser diferentes a las condiciones de la estaciones GPS localizadas en la Antártica como es el caso de las estaciones de la red TAMDEF.

## GEOD-9 CARTEL

**TRANSFORMACION DE COORDENADAS AL APLICAR  
TECNOLOGIA SATELITAL EN EL ANALISIS DE  
RESULTADOS DE REDES GEODESICAS ORIENTADAS  
AL ESTUDIO DE INDICADORES DEFORMANTES  
EN OBJETIVOS ESTRATEGICOS DE INGENIERIA**

Trejo Soto Manuel, Vázquez Becerra Guadalupe  
Esteban, López Meda Marisol y Tellez Leyva Laura I.

*Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Sinaloa*

mtrejos@uas.uasnet.mx

En los últimos tiempos, se ha incrementado el uso del sistema global de posicionamiento para estudiar, en zonas con densidad alta de objetivos de ingeniería estratégicos. Sin embargo, su uso se limita solamente al periodo inicial de su construcción. Para los trabajos de replanteo en el periodo principal de construcción, al edificar los diversos elementos de los objetivos estratégicos de ingeniería, los sistemas globales de posicionamiento no son utilizados.

Al aplicar el sistema satelital GPS en el establecimiento de la base geodésica de replanteo, al llevar a cabo el traslado del proyecto de ingeniería a su posición, es necesario conocer las coordenadas de los puntos que definen la geometría de los objetivos estratégicos, pero no en el sistema WGS-84, en el cual trabaja el sistema satelital, sino en el sistema utilizado en los trabajos de ingeniería, donde los ejes coordenados X y Y son paralelos a los ejes de los objetivos de ingeniería estratégicos, y donde el eje Z esta dirigido a lo largo de la línea normal dirigida hacia el cenit del lugar. Además, es necesario considerar que en el periodo inicial constructivo, a fin de colocar el objetivo de ingeniería en el lugar proyectado, las coordenadas del apoyo geodésico están dadas en un sistema local.

Lo anterior muestra que se tienen tres sistemas de coordenadas, lo que dificulta su uso en todo el periodo constructivo, donde se requiere solamente un solo sistema de coordenadas. En relación a lo anterior, surge el problema de la transformación de coordenadas por medio del establecimiento de los parámetros de traslado de un sistema de coordenadas a otro.

Con el fin de determinar los parámetros de transformación, es necesario, que al menos en dos sistemas de coordenadas, se tengan las coordenadas de una serie de puntos de enlace. La posición óptima de los puntos de enlace se dará siempre y cuando se encuentren equitativamente distribuidos en todo el territorio susceptible a utilizar por el objetivo de ingeniería. Al mismo tiempo, si los puntos se concentran en un área pequeña, los errores al determinar los parámetros de transformación serán comparativamente mayores.

## GEOD-10 CARTEL

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DE PRECISIÓN DE  
LA RED GEODÉSICA ESTATAL DE NAYARIT**

García López Ramón Victorino, Barron Noriega Moises Aramis,  
Balderrama Corral Rigoberto y Moraila Valenzuela Carlos Ramón

*Universidad Autónoma de Sinaloa*

rgarcia@uas.uasnet.mx

La Red Geodésica Estatal de Nayarit ha sido establecida con el esfuerzo y colaboración de los municipios costeros del estado, de SEMARNAT y de la Escuela Ciencias de la Tierra

de la Universidad Autónoma de Sinaloa. El principal objetivo fue el de proporcionar apoyo preciso de georeferenciación a los trabajos de delimitación de la zona federal marítimo terrestre del estado (ZOFEMAT). La red consistió de dos sub-redes: Una denominada primaria de nueve vértices con separaciones de hasta cien km. La otra denominada red secundaria de veintiún vértices con separaciones de 20-40 km. En los trabajos de medición se emplearon receptores GPS geodésicos TOPCON, ASHTECH y LEICA. La red se ligo a vértices de la Red Geodésica Nacional Activa de INEGI, utilizando las estaciones de Aguascalientes, Colima y La Paz. También se emplearon mediciones de tres vértices de la Red Geodésica Estatal de Sinaloa. Con respecto a estos puntos, se encontraron diferencias aceptables en las coordenadas. Se presenta un estudio de geometría y de precisión, tanto de las coordenadas como de las magnitudes de las bases o vectores medidos.

## GEOD-11 CARTEL

**EVALUACIÓN DE PRECISIÓN Y ANÁLISIS  
GEOMÉTRICO Y ESTADÍSTICO DE LA  
RED GEODÉSICA ESTATAL DE SINALOA**

Balderrama Corral Rigoberto, López Moreno Manuel, García López  
Ramón Victorino, Loza Santos Irene y Felix García Jesús Antonio

*Universidad Autónoma de Sinaloa*

balberra@uas.uasnet.mx

La Red Geodésica Estatal de Sinaloa, establecida por la Escuela Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Sinaloa en el programa ZOFEMAT, . El principal objetivo fue el de proporcionar apoyo preciso de georeferenciación a los trabajos de delimitación de la zona federal marítimo terrestre del estado. La red consistió de dos sub-redes: Una primaria de diecinueve vértices con separaciones de hasta cien km. La otra secundaria de treinta y dos vértices con separaciones de 20-40 km. En los trabajos de medición se emplearon receptores GPS geodésicos ASHTECH y LEICA. La red se ligo a vértices de la Red Geodésica Nacional Activa de INEGI, utilizando las estaciones de Culiacán Hermosillo y La Paz. La red primaria ha sido evaluada encontrándose en proceso de validación por parte de INEGI. La geometría que presenta la red no es aparentemente óptima, sin embargo la redundancia en las mediciones ha sido satisfactoria. Se presenta un estudio de geometría y de precisión, tanto de las coordenadas como de las magnitudes de las bases o vectores medidos

## GEOD-12 CARTEL

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DE DEFORMACIONES  
DE OBRAS HIDRÁULICAS: CASO PARTICULAR  
PRESA SALVADOR ALVARADO "SANALONA"**

Vázquez Becerra Guadalupe Esteban, Balderrama  
Corral Rigoberto, Trejo Soto Manuel, Beltran Soto  
Diana Patricia y Díaz Hernández Ciro de la C.

*Universidad Autónoma de Sinaloa*

gvazquez@uas.uasnet.mx

En términos generales a aquellas obras aquellas que se construyen con el propósito de aprovechar y dar solución a una serie de problemas relacionados con el agua se les conoce como obras hidráulicas. El estado de Sinaloa en particular cuenta once presas que almacenan este líquido vital las cuales son el afluente

principal para el desarrollo de dicho estado. Es por ello que se realizó un estudio para determinar posibles desplazamientos de una de las presas del estado (presa Sanalona) con el objetivo de implementar tecnología satelital vanguardista como lo son los Sistemas Globales de Posicionamiento (GPS) y reemplazar a los métodos tradicionales de medición (medición de ángulos y alineamientos). En primera instancia se llevó a cabo la construcción de una red geodésica de apoyo sirvió para tener un mejor control de la cortina de la presa, mediante el monitoreo de puntos o vértices geodésicos colocados sobre la misma cortina. Los puntos seleccionados que forman parte de la red geodésica mencionada se establecieron previa visita de campo en lugares que se consideran geológicamente estables y fuera de la influencia de la cortina de la presa Sanalona. Así mismo con el objetivo de poder tener una mejor representación gráfica del área de trabajo se procedió a la realización del levantamiento de la cortina de la presa. Con la ayuda de este levantamiento se puede apreciar con claridad la ubicación de los puntos que conforman la base geodésica de apoyo (puntos de control) así como también los puntos localizados sobre la cortina de la presa (54-testigos deformantes) por monitorear/controlar. En total se realizaron 5-ciclos de medición con GPS de los cuales se puede observar que la diferencia de coordenadas para cada uno de los 54-testigos deformantes reflejada por los errores es mínima (nivel del milímetro) es decir las deformaciones horizontales son mínimas hasta este punto. Este estudio propone la implementación de ciclos mensuales de medición así como la implementación de nivelación de alta precisión que nos permita tener 12 ciclos por año para un mayor análisis y un mejor control del comportamiento de la presa Sanalona.

#### GEOD-13 CARTEL

##### **EMPLEO DE MODELOS GEOPOTENCIALES PARA POSICIONAMIENTO VERTICAL EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CULIACAN**

Molina Saucedo Edgardo<sup>1</sup>, García López Ramón Victorino<sup>2</sup>, Moraila Valenzuela Carlos Ramón<sup>2</sup> y López Moreno Manuel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de Sinaloa

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa

edgardo@computo.ccs.net.mx

Se realiza un estudio espacial del comportamiento del geoide con respecto al elipsoide, determinado el primero a partir de modelos geopotenciales como el EGM96, el EGM2008 y los modelos mexicanos GGM06, GGM08. Esto con miras a la aplicación práctica en zonas urbanas, de determinación de alturas ortométrica combinando mediciones GPS con modelos globales de geoide. Como evaluación se compara con bancos de nivel establecidos. Al determinar los parámetros superficiales de discrepancia, los modelos EGM2008 y GGM08 presentan comportamientos similares y ligeramente mejores que el EGM96

El procedimiento de cálculo se aplica en el área de la ciudad de Culiacán, utilizándose una malla de puntos con separación de arco de un minuto. Se comprobó que el efecto de las masas topográficas en N es significativo. Por su parte la altura SNMM a priori requerida, se obtiene a partir de un modelo de alturas. Se realizan también análisis de comparación con el modelo EGM96 y los recientes modelos de INEGI para México.

#### GEOD-14 CARTEL

##### **DETERMINACION DE LOS COEFICIENTES DE CORRELACION EN LOS INCREMENTOS DE COORDENADAS DE LAS REDES GEODESICAS ESTABLECIDAS UTILIZANDO TECNOLOGIA SATELITAL**

Trejo Soto Manuel, Tellez Leyva Laura I. y Vidal Vega Ana I.

*Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Sinaloa*

mtrejos@uas.uasnet.mx

La precisión de las mediciones de los incrementos de coordenadas en las redes geodesicas satelitales, es caracterizada por la matriz de covariación de las mediciones #X, #Y y #Z, que se obtiene a partir de la elaboración matemática primaria de los resultados de las mediciones satelitales. En tal caso, el coeficiente de correlación varía a partir de un vector medido a otro. Esta variación está condicionada, incluso, por la configuración estelar de los satélites.

En un futuro se contará con algoritmos matemáticos orientados a determinar, de manera precisa, estos coeficientes de correlación que presentan los incrementos de coordenadas en los vectores geodésicos medidos con tecnología satelital. Sin embargo, en el resultado de los trabajos realizados, la estimación de la precisión en las mediciones satelitales es posible realizarla analizando las figuras formadas. En base a esta metodología, es posible obtener la dispersión de los valores medidos de #X, #Y y #Z, así como sus momentos correlacionados. Si el cálculo de la dispersión se lleva a cabo aplicando las metodologías tradicionales de estimación de la precisión de los resultados de las mediciones satelitales, entonces el cálculo de los momentos correlacionados en base a las figuras formadas, no es posible llevarlo a cabo.

La propuesta metodológica, esta orientada a la obtención de los coeficientes de correlación en base a las figuras geodésicas obtenidas al realizar las mediciones, que se utilizarán para obtener los valores de la matriz de pesos en los incrementos #X, #Y y #Z para su posterior ajuste matemático. Dicha estimación de la precisión servirá de parámetro de comparación y control de calidad de los valores obtenidos por los softwares matemáticos que acompañan a los receptores GPS. Lo anterior se fundamenta en el hecho de que, en base a las discrepancias que se obtienen en las figuras geodésicas formadas, se considerarán todos los factores, y no solo la geometría estelar de los satélites en el momento de las mediciones.

#### GEOD-15 CARTEL

##### **DETERMINACION DE LA LINEA GEODESICA Y SUS APLICACIONES EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS GEODESICOS SOBRE LA SUPERFICIE DEL ESFEROIDE**

Vázquez Becerra Juan Antonio

*Universidad Autónoma de Sinaloa*

anton17\_1@hotmail.com

En la presente investigación se obtuvieron las soluciones generales de las ecuaciones diferenciales de la línea geodésica expresadas mediante integrales elípticas de primero, segundo y tercer tipo. Además se determinaron las primeras aproximaciones respecto a un parámetro el cual es mucho menor al referente a la excentricidad de elipsoide general terrestre.

GEOD-16 CARTEL

**ESTABILIDAD DE LOS MOVIMIENTOS ESTACIONARIOS  
DE UN SATELITE PARA EL CASO DE UN  
PLANETA CON GEOMETRIA ESFEROIDAL**

Vázquez Becerra Juan Antonio

*Universidad Autónoma de Sinaloa*

anton17\_1@hotmail.com

En la presente investigación se obtuvieron las soluciones estacionarias el movimiento de un satélite para el caso de un planeta con geometría esferoidal como orbitas circulares localizadas en el plano ecuatorial del planeta. Se demostró su estabilidad respecto:

- a) A su velocidad angular
- b) A la longitud de su radio vector de posición
- c) Su desviación respecto al ecuador, incluyendo la velocidad de desviación

Se obtuvieron además los radios de las orbitas geoestacionarias las cuales no dependen de la masa del planeta y resultando dependiente solamente respecto a la geometría del planeta

Sesión Regular

# **Geohidrología**

Organizadores:  
Graciela Herrera Zamarrón  
Ignacio Navarro

GEOH-1

## ANÁLISIS DE LAS RELACIONES AGUA DULCE – AGUA SALADA DEL ACUIFERO COSTERO MAHAHUAL, QUINTANA ROO, MÉXICO

Hernández Espriu Antonio<sup>1</sup> y Velázquez Aguirre Luis<sup>2</sup><sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM<sup>2</sup>Consultoría BETSCO, S.A. de C.V.

ahespriu@dictfi.unam.mx

La región denominada “Costa Maya” es una zona de extraordinaria calidad terrestre y marina, rodeada por Áreas Naturales Protegidas, humedales, selvas y lagunas arrecifales, entre otras riquezas naturales. Debido a las áreas costeras y escenarios naturales atractivos, la zona de estudio será contemplada para la construcción de importantes complejos turísticos, por lo que, el entendimiento del comportamiento de la fuente más importante de agua en la región, resulta de vital importancia para el desarrollo sustentable del acuífero, y por ende, del entorno ecológico de la Costa Maya.

El objetivo de la investigación se centró en establecer el modelo hidrogeológico conceptual y analizar las relaciones hidrodinámicas agua dulce – agua salada de la región “Mahahual – El Placer”, localizado en el corredor de 45 km Mahahual-Pulticub, Municipio Qthón P. Blanco en el estado de Quintana Roo. Los objetivos particulares se centraron en: (1) determinar la hidroestratigrafía de la zona de estudio, caracterizando el acuífero de mayor potencial geohidrológico. (2) determinar la posición de la interfase salina aplicando métodos teóricos (modelos analíticos), indirectos (geofísica eléctrica) y directos (perfiles de salinidad en pozos de monitoreo). (3) analizar las perturbaciones de la interfase producida por bombeos locales, y (4) estimar los caudales máximos de extracción para evitar problemas de salinización en futuras captaciones (a corto plazo) e intrusión marina (a largo plazo), cuando se establezcan campos de pozos permanentes en la región.

Las actividades llevadas a cabo fueron: (a) verificación de puntos geológicos e hidrogeológicos, (b) prospección geofísica que constó de 20 Tendidos Electromagnéticos (TEMs) a una profundidad de investigación de 150 m; (c) 3 perforaciones exploratorias; (d) pruebas de bombeo a caudal variable (1 día) y caudal constante (1 día), con un pozo de bombeo y dos de observación. Durante las pruebas de bombeo se tomaron en los pozos de observación diversos perfiles de salinidad antes, durante y después del bombeo, con objeto de analizar el comportamiento de diferentes interfases “establecidas” sometidas a varios esquemas de extracción. Las pruebas se interpretaron por el método de Jacob-Cooper para estimar los parámetros hidráulicos del acuífero kárstico.

La interpretación de los datos recopilados y generados permitió: (i) establecer el modelo de funcionamiento hidrogeológico local; (ii) determinar la posición de la interfase y los espesores en el subsuelo de agua dulce, salobre y salada; (iii) caracterizar el comportamiento y ascenso de la interfase (unconing effect) en función de diferentes esquemas de bombeo y, (iv) estimar la transmisividad (T), conductividad hidráulica (k) y rendimiento específico (Sy) del acuífero.

Adicionalmente, se aplicó el modelo analítico de Schmorak y Mercado (1969) para estimar el ascenso máximo de la interfase salina recomendada evitando la súbita incorporación de agua salada al pozo de bombeo. El modelo permitió estimar los caudales máximos recomendados para evitar contaminación por agua salada de futuras captaciones (a corto plazo) e intrusión

marina (a largo plazo), cuando se establezcan campos de pozos permanentes en la zona de estudio, y de manera complementaria se predijo la salinidad del agua subterránea a extraer en función de diferentes caudales máximos recomendados.

GEOH-2

## BALANCE HIDROGEOLÓGICO EN LA REGIÓN DE ESTACIÓN HERMANAS, ABASOLO Y SAN BUENAVENTURA, ESTADO DE COAHUILA

Vidal García Martín Carlos, Arias Paz Alberto y Hernández Laloth Noel

Facultad de Ingeniería, UNAM

mvidal@dictfi.unam.mx

La zona de estudio es un valle que se localiza en la Cuenca de Sabinas situada al norte de la ciudad de Monclava, la cual esta limitada por las sierras el Tullido, Borregas y Santa Gertrudis, y por los poblados de Estación Hermanas, Abasolo y San Buenaventura. En la zona de sierras aflora una secuencia de rocas carbonatadas de edad Mesozoica, la cual representa geomorfológicamente expresiones de anticlinales; en contraparte el valle intermontano en donde están expuestos depósitos granulares del Cuaternario.

La disposición espacial de las unidades litológicas son agrupadas en medios granular, doble porosidad y fracturado, que integran un sistema que controla el movimiento del agua subterránea en la región. Así las unidades hidroestratigráficas de doble porosidad (Unidad Escondido) y granular (Unidad Aluvión), constituyen un acuífero somero de tipo libre. Aunado a este acuífero se tiene identificado otro de mayor complejidad, en donde interactúan las unidades hidroestratigráficas del medio fracturado y de disolución (rocas carbonatadas mesozoicas) con las unidades hidroestratigráficas de medio fracturado (acuitardos).

El área de balance cubre una superficie de 1,294 km<sup>2</sup>, considerándose un coeficiente de almacenamiento para el acuífero libre de  $S=0.07$ . Por otra parte debido a que las variaciones hidráulicas del acuífero son complejas tanto verticalmente como en su extensión horizontal se determinó un valor promedio de conductividad hidráulica de 2 m/día. El espesor promedio del acuífero es de 100 m y con los resultados de la interpretación de seis pruebas de bombeo a caudal constante se estableció una capacidad transmisora del medio de  $4 \times 10^2$  m<sup>2</sup>/s; sobre todo para la porción sur del área de estudio debido a que en las zonas norte y noroccidente; así como en las zonas de recarga, no se cuenta con captaciones subterráneas con la capacidad e infraestructura para realizar pruebas de bombeo, debido a su bajo caudal y falta de equipamiento. El bombeo se consideró constante, estimado de la información de campo y extrapolado con el último censo de 100 aprovechamientos subterráneos en el valle, siendo del orden de 12.2 Mm<sup>3</sup>/año.

La recarga al acuífero por flujo subterráneo asciende a 33.7 Mm<sup>3</sup> / año y se lleva a cabo por infiltración del agua de lluvia sobre las sierras que circundan al valle; a partir de donde el agua subterránea presenta un flujo general en la dirección NW - SE; en su trayectoria una parte del flujo es extraído mediante el bombeo de pozos siendo del orden de 5.5 Mm<sup>3</sup> /año y otra más aflora en forma de manantiales siendo del orden de 9 Mm<sup>3</sup> /año en las partes altas y 3.6 Mm<sup>3</sup> /año en las partes bajas.

Los esquemas de elevación de niveles estáticos para los años de 2002 (elaborados por la Comisión Estatal del Agua en Monclava y validados por la CNA) y de 2004 (elaborados por la Facultad de Ingeniería de la UNAM); son prácticamente similares

mostrando evoluciones de dichos niveles prácticamente nulos; es decir el volumen drenado es casi cero; lo que implica que el acuífero se encuentra subexplotado.

GEOH-3

### HIDRODINÁMICA DEL ACUÍFERO BENITO JUÁREZ, ESTADO DE ZACATECAS

Núñez Peña Ernesto Patricio<sup>1</sup>, Escalona Alcazar Felipe de Jesús<sup>2</sup>, Cardona Benavides Antonio<sup>3</sup> y Robles Berumen Hermes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Zacatecas*

<sup>2</sup>*Dirección de Ordenamiento Ecológico, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas*

<sup>3</sup>*Universidad Autónoma de San Luis Potosí*

eppure@yahoo.com.mx

El acuífero Benito Juárez está contenido en una cuenca exorreica del mismo nombre, ubicada en la región centro del estado de Zacatecas y dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental. Estructuralmente dicha cuenca ocupa un graben que se formó durante el Mioceno Medio a Tardío, durante la deformación de Cuenclas y Sierras. El sistema hidrológico del acuífero está compuesto por tres unidades hidroestratigráficas, la primera constituye la zona saturada principal, constituida por un paquete de aluviones del Cuaternario en etapa de consolidación. La segunda de ellas representa una zona parcialmente saturada, integrada por rocas volcánicas del Neógeno, correspondientes al Grupo Volcánico Superior; y una tercera unidad que constituye el basamento y se compone de una secuencia lavas almohadilladas de composición basáltica y andesítica con intercalaciones de rocas siliciclásticas. El régimen del manto freático es de tipo libre, con direcciones de flujo que van de noroeste a sureste y de occidente a oriente. Las equipotenciales para el año 2004 tienen valores de 2155 m en el norte, decreciendo proporcionalmente a 2138 m hacia el centro del acuífero. Para evaluar la evolución hidrogeoquímica del agua subterránea y aproximarse a la determinación de las zonas de recarga, se colectaron muestras de agua en 18 pozos profundos y se documentaron en campo valores de temperatura, pH, Eh y alcalinidad. Las determinaciones en laboratorio comprenden aniones (SO<sub>4</sub>, Cl y HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub>), cationes mayores (Ca, Mg y Na y K) y elementos traza (Li, B, Cu, Pb, Zn, Mo, V, Se, As, p. ej.). Los resultados obtenidos muestran la presencia de dos tipos de agua, bicarbonatada sódica, distribuida ampliamente en todo el acuífero y bicarbonatada magnésica, la cual se manifiesta hacia el centro-norte del mismo. Los parámetros litio y temperatura asocian a las muestras de la familia bicarbonatada sódica, a un flujo regional intercuenclas, con dirección de movimiento de noroeste a sureste; existiendo también flujos locales que se desplazan de occidente a oriente.

Se interpretaron tres grupos de elementos traza que tienen afinidad significativa, correspondiendo a un primer grupo los elementos Si, Sr, Ti y Ba; Mn, Rb, Zn, Y, Pb a un segundo grupo, y Sc y Ti a un tercero.

Los rangos de concentraciones de, aniones, cationes mayores, sólidos totales disueltos, en general están por debajo de los límites máximos permisibles de potabilidad, marcados por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 y sus modificaciones (2000).

De acuerdo al análisis realizado de las características geomórficas, litológicas y climáticas con las herramientas del Sistema ArcGis 8.3 se concluye que las zonas que constituyen la

recarga más importante del acuífero están referidas a sus amplios valles, distribuidos hacia el centro norte de la cuenca.

GEOH-4

### ESTUDIO HIDROGELÓGICO PARA DETERMINAR LA POSICIÓN DEL NIVEL DE SATURACIÓN ANTE LOS TRABAJOS DE EXPLORACIÓN POR HIDROCARBUROS AL SUROESTE DE VERACRUZ

Arias Paz Alberto, Vidal García Martín Carlos y Hernández Laloth Noel

*Facultad de Ingeniería, UNAM*

ariaspaz@servidor.unam.mx

Se realizó un estudio hidrogeológico en el área localizada en la planicie costera del Golfo de México dentro de los municipios de Tierra Blanca, Tlalixcoya, Ignacio de la Llave, Ixmiquilpan, Cosamaloapan y Tres Valles en el estado de Veracruz, donde se utilizó dinamita como fuente de energía para la prospección de hidrocarburos..

La zona de estudio se conforma de un sistema acuífero heterogéneo, anisótropo, libre hidráulicamente y con pendiente preferencial hacia la línea de costa. Está constituido por material semicompacto de areniscas y conglomerados de la Fm. Joachín (Qj). Por lo anterior es probable que existan zonas con relativo semiconfinamiento relacionado con presencia de material arcilloso de espesor variable en la intercalación e interdigitación de arenas y limos

La permeabilidad del medio granular es de 10 a 15 m/día; limitación relacionada con la presencia de depósitos arcillosos con un coeficiente de almacenamiento muy bajo. El nivel de saturación se localiza a 20 metros de profundidad, cuya recarga subterránea se lleva a cabo desde las zonas altas, localizada hacia el poniente. La recarga vertical por lluvias es del orden de 1,800 mm/año debido al clima característico del Golfo de México siendo la infiltración del 5 % del volumen precipitado.

La mayoría de las obras de captación se asocian a norias con profundidades que varían de 6 a 12 metros, es decir, alumbramientos artificiales (316); también existen pozos profundos (79), perforados entre 45 y 120 m. de profundidad.

El ingreso horizontal de aguas subterráneas es de (89 x 106 m<sup>3</sup>/año) y notablemente superior al de salidas por extracción del orden de 0.2 x106 m<sup>3</sup>/año. Actualmente, la red de flujo de agua subterránea se observa deformada debido a que el sistema-acuífero es sensible a cualquier extracción, aún cuando esta no sea significativa.

En las localidades El Barrio y El Coyote, se realizaron detonaciones a 25 m. de profundidad con cargas de 3 Y 5 kg. Se instrumentó el área para adquirir datos sísmicos, de tomografía eléctrica y de atenuación de vibraciones, en tanto se observaba el nivel de saturación de los pozos aledaños al experimento.

Los resultados indican que las condiciones eléctricas del subsuelo se reestablecen en menos de 2 horas. Las explosiones registradas en cada sitio, muestran la atenuación del movimiento sísmico en función de la distancia, por lo que las actividades de exploración sísmica no causaron deformación en la red del flujo de agua subterránea y tampoco en la posición del nivel de saturación.

Es importante subrayar que los abatimientos del nivel de agua están asociados al balance subterráneo, al régimen de extracción para cubrir las necesidades de los pobladores y al aumento gradual en la evaporación y temperatura del área.

GEOH-5

## UNA METODOLOGÍA GEOLÓGICA-GEOFÍSICA PARA LA LOCALIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN AMBIENTES VOLCÁNICOS. DOS EJEMPLOS EN EL ALTIPLANO MEXICANO

López Loera Héctor

*Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica*

hlopezl@ipicyt.edu.,mx

La prospección de agua subterránea se ha venido realizando desde mediados del siglo pasado mediante metodologías geológicas (fotogeología, caminamientos, etc.) y geofísicas (sondeos eléctricos verticales, SEV) que son muy exitosas, en zonas de acuíferos granulares, pero con algunos problemas en medios fracturados.

En este trabajo se muestra una metodología consistente principalmente en localizar zonas que presenten propiedades físicas asociadas a la presencia de acuíferos en el subsuelo, como son la permeabilidad y la humedad, para lo cual, en primer lugar se establece un modelo geológico de la zona bajo estudio, con especial atención a la litología, estructura y tectónica, auxiliándose para este propósito de la información aeromagnética existente en la zona. El objetivo de esta fase de la prospección es también interpretar aeromagnéticamente zonas de permeabilidad secundaria asociadas con fallas y/o fracturas y/o contactos litológicos. La siguiente etapa de la metodología propuesta consiste en realizar (en las estructuras geológicas interpretadas en la fase anterior), con ayuda de equipos GPS secciones magnéticas terrestres, con dirección perpendicular a dichas estructuras, en donde se mida la intensidad del campo magnético total y se calcule además su gradiente horizontal. Las zonas asociadas con permeabilidad se correlacionan con señales magnéticas de alta frecuencia, entre más alta más fracturada y por lo tanto mayor permeabilidad. Lo anterior tiene su base en que un imán genera una respuesta asociada a una anomalía magnética bipolar, es decir tiene un alto y un bajo magnético, si el imán se encuentra fracturado en dos partes, generará dos dipolos magnéticos y así sucesivamente. La roca volcánica fresca se muestra como si fuera un solo imán, genera una respuesta magnética de una longitud de onda grande (baja frecuencia), pero al encontrarse fracturada y/o fallada muestra una serie de dipolos magnéticos que se deben correlacionar con permeabilidad secundaria. La siguiente fase en el estudio es investigar si estas zonas interpretadas como permeables se asocian con humedad, para lo cual se realizan estudios de las variaciones de la resistividad eléctrica tanto vertical como horizontalmente por medio de SEV's o pseudosecciones geoeléctricas. Si existen contrastes verticales y/o laterales de la resistividad eléctrica en las zonas interpretadas como permeables, tendremos una gran posibilidad de estar sobre una zona acuífera y se deberá recomendar su perforación hasta la profundidad que los SEV nos indiquen.

Se muestran dos ejemplos de esta metodología, uno en la población de La Dulcita en el Municipio de Villa de Ramos, S.L.P., en donde la población se surtía de agua con un pozo localizado a 5 km y que les daba un gasto de 1lt/seg que les era insuficiente para abastecer las necesidades más básicas de los 1000 habitantes de esa población. Anteriormente al estudio realizado se habían perforado tres pozos con resultados negativos. Se les ubicó una zona dentro de los límites del poblado, la cual después de la perforación dio un gasto de 4 lt/seg. Otro ejemplo de esta metodología fue el estudio en Cd. Satélite, S.L.P., en donde se ubico una perforación que dio un gasto promedio de 70 lts/seg.

GEOH-6

## DISEÑO ÓPTIMO DE UNA RED DE MONITOREO DE LOS NIVELES DEL AGUA PARA EL ACUÍFERO PROFUNDO DE SAN LUIS POTOSÍ

Herrera Zamarrón Graciela<sup>1</sup>, Cardona  
Benavides Antonio<sup>2</sup> y López Álvarez Briseida<sup>2</sup><sup>1</sup>*Instituto de Geofísica, UNAM*<sup>2</sup>*Universidad Autónoma de San Luis Potosí*

ghz@geofisica.unam.mx

El presente trabajo es parte integrante del proyecto denominado "Diseño de redes de monitoreo de calidad y carga hidráulica para el acuífero profundo de San Luis Potosí", Clave FMSLP-2005-C01-10, apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el Consejo Técnico de Aguas Subterráneas del Acuífero del Valle de San Luis Potosí (COTASAVSLP).

Una de las líneas de acción del COTASVSLP es el establecimiento del Plan de Manejo cuya finalidad es realizar un seguimiento ordenado y sistemático la elevación del nivel del agua en los pozos y la calidad del agua subterránea. Por lo consiguiente se estableció como objetivo principal del presente trabajo: Diseñar la red óptima de monitoreo del nivel del agua del acuífero profundo de San Luis Potosí.

La zona de estudio se encuentra en la región sur-occidental del Estado de SLP con un área aproximada de 1,980 km<sup>2</sup>. El Acuífero Profundo de SLP, alberga parcialmente los Municipios de SLP, SGS, Mexquitic de Carmona, Cerro de San Pedro y Zaragoza.

La base de datos final de 55 registros que se utilizó en el diseño óptimo de la red de monitoreo se derivó del análisis previo de la información histórica y de las mediciones obtenidas en campo mediante el uso de una sonda eléctrica y de un Mini-Diver.

La metodología empleada para el análisis de los datos consiste en una combinación de métodos hidrogeológicos, geoestadísticos, probabilísticos y de optimización, y es una modificación al método propuesto por uno de los autores de este trabajo (Herrera, 1998).

Las fases del diseño de la red de monitoreo fueron: 1) la definición de los objetivos de la red de monitoreo; 2) cálculo de la matriz de covarianza inicial, mediante un análisis geoestadístico; 3) definición de los puntos de estimación y de muestreo; 4) jerarquización de los puntos de muestreo, a través de la combinación del filtro de Kalman y un método de optimización enumerativo; y 5) evaluación de la redundancia de los pozos de monitoreo y definición del número total de pozos de la red final, a través de la comparación de los errores de estimación con respecto a la estimación obtenida con todos los datos, de las estimaciones obtenidas de los datos en varios grupos de pozos. La frecuencia de monitoreo se obtuvo a partir de criterios geohidrológicos.

A partir de la aplicación del Filtro de Kalman y el método de optimización, se determinó que la reducción de la varianza total en porcentajes del 85%, 90% y 95% se lograba con 23, 28 y 35 pozos, respectivamente.

De acuerdo a los estadígrafos de los errores se determinó que el diseño final de la red óptima de monitoreo de la elevación del agua en el Acuífero Profundo de SLP consistirá de 35 pozos, para los cuales el error cuadrático medio es de 3.774 m<sup>2</sup>, que representa un error de 1.94 m (el menor de las tres posibilidades).



También se propone la perforación de pozos con la finalidad de obtener información en la región noreste de la zona de estudio.

GEOH-7

### **SIMULACIÓN DE FLUJO Y ESCENARIOS DE LA EXPLOTACIÓN A FUTURO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ACUÍFERO DEL VALLE DE GUADALUPE, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO**

Campos Gaytán José Rubén<sup>1</sup> y Kretschmar Thomas<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE

rcampos@uabc.mx

Se desarrolló un modelo del flujo de agua subterránea para estudiar el comportamiento del nivel freático y evaluar distintas alternativas de manejo del agua subterránea a futuro en el Acuífero del Valle de Guadalupe, Baja California, México.

En esta simulación se toma en cuenta la información proporcionada por la Comisión Nacional del Agua, la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada y la generada por trabajos académicos y de investigación sobre las condiciones geohidrológicas de la zona de estudio. Con base en el análisis de la información disponible, se determina como fecha de inicio de la simulación el mes de febrero de 1984, y a partir de la misma, se calcula la evolución mensual del acuífero por un periodo de 21 años.

Durante la simulación se reproducen las configuraciones de la superficie freática para las fechas que se cuenta con observaciones de campo (1984-2005) y, en general, la comparación de las elevaciones del nivel freático, observada y calculada, tienen buen ajuste cualitativa y cuantitativamente hablando. Particularmente, en el período completo de simulación, se aprecia una tendencia clara del abatimiento del acuífero, y se obtiene un indicador de ajuste satisfactorio entre los datos calculados y los medidos en campo para un número finito de pozos.

También, se han analizado seis alternativas de manejo del agua subterránea para el periodo 2007-2025 en el Acuífero del Valle de Guadalupe, en las cuales, se ha fijado como objetivo del análisis, la búsqueda del volumen total máximo de descarga de agua subterránea. Estas alternativas incluyen escenarios diseñados para evaluar los posibles efectos generados por continuar con las operaciones promedio del manejo de agua subterránea vigente, satisfacer una demanda de agua futura ante la presencia de una reducción de la recarga, satisfacer un incremento en la demanda de agua futura ante la presencia de una reducción de la recarga y satisfacer una demanda de agua con un volumen de extracción considerado sustentable.

Finalmente, con base en los resultados de esta simulación se tiene una evaluación hidrogeológica integral que determina las condiciones del recurso hídrico subterráneo, además, se pueden establecer criterios técnicos y definir estrategias para el aprovechamiento y la conservación sustentable del agua subterránea del Acuífero del Valle de Guadalupe.

Palabras clave: Valle de Guadalupe, modelo geohidrológico, agua subterránea, simulación numérica.

GEOH-8

### **ANÁLISIS DEL IMPACTO DE URBANIZACIÓN EN LA RECARGA DEL ACUÍFERO DE LA CUENCA DE MÉXICO**

Carrera Hernández Jaime J.<sup>1</sup> y Gaskin Susan<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>McGill University

jaime.carrera@ipicyt.edu.mx

Este trabajo presenta el desarrollo de una metodología para estimar la recarga potencial al acuífero de la Cuenca de México, considerando diferentes tipos de vegetación y suelos así como el efecto que la topografía ejerce en diferentes variables climatológicas (precipitación, temperatura y evapotranspiración). Mediante la aplicación de esta metodología, se demostró que las principales zonas de recarga al acuífero son las montañas que delimitan la Cuenca.

La distribución espacial de la recarga potencial al acuífero de la Cuenca no es uniforme, ya que las tasas más altas de recarga se presentan al sur de la Cuenca en donde la precipitación es de tipo orográfico y donde se encuentran suelos con altos valores de infiltración. La metodología desarrollada se aplicó a la Cuenca de México de forma diaria para el periodo de 1975-1986, obteniendo valores anuales agregados para la Cuenca de 10.9 a 23.7 m<sup>3</sup>/s, (35.9-78.1 mm) mientras que para el año con mayor recarga anual (1981) la recarga potencial fue de 1 m<sup>3</sup>/s en diciembre y 87.93 m<sup>3</sup>/s en junio (0.3-23.7 mm).

El crecimiento urbano en la Cuenca ha disminuido en un 20% la recarga al acuífero en la planicie aluvial; sin embargo, a nivel de Cuenca, la disminución en la recarga es solamente del 1.5%. Esta diferencia de valores se debe a que la recarga al acuífero de la Cuenca ocurre en forma de "recarga de bloque de montaña" y a que la mayor parte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se localiza en la zona de depósitos lacustres.

GEOH-9 CARTEL

### **GEOLOGÍA Y GEOHIDROLOGÍA EN EL SECTOR OCCIDENTAL DEL VALLE DE DELICIAS, CHIHUAHUA, MÉXICO**

Royo Ochoa Miguel<sup>1</sup>, Villalba María de Lourdes<sup>1</sup>, Chávez Aguirre Rafael<sup>1</sup>, Lona Zárate Luz María<sup>1</sup>, Pinales Munguía Adán<sup>1</sup>, Alva Valdivia Luis M.<sup>2</sup>, Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>2</sup>, González Rangel José Antonio<sup>2</sup>, Franco Rubio Miguel<sup>1</sup>, Martínez Leyva Pedro<sup>1</sup>, Royo León Miguel<sup>1</sup>, De la Garza Aguilar Rodrigo<sup>1</sup>, Aguirre Sáenz Benito<sup>1</sup> y Colmenero Sujo Luis<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Chihuahua

mroyoo\_2000@yahoo.com

El estudio realizado en la zona que ocupa la porción occidental del Valle de Delicias, Chih., que aloja un acuífero granular de origen aluvionar, involucra el extremo sureste de la Sierra Alta. En esta área se ubica la boquilla de la Presa Francisco I. Madero, conocida regionalmente como Las Vírgenes, la cual se halla sobre el Río San Pedro; y los poblados de Rosales, Congregación Ortiz, El Molino, Orinda y Kilómetro Noventa y Nueve.

Fisiográficamente la zona se ubica en la porción transicional entre las provincias de Cuencas y Sierras y la Sierra Madre Occidental, comparte características de ambas, en el Valle de Delicias y en la Sierra Alta. En el límite occidental del valle, se aprecian claramente rasgos geomorfológicos de origen endógeno (tectónico – volcánico), y en el caso específico de las vecindades de la comunidad de Kilómetro Noventa y Nueve. Al oeste de la misma destaca notablemente el extremo sur de la Sierra Alta, que se levanta abruptamente del piso del valle, sin mediar una transición paulatina de la pendiente topográfica; revelando de esta manera su origen tectónico.

La Sierra Alta está constituida esencialmente por una potente secuencia de rocas volcánicas de naturaleza piroclástica y lávica, en su mayor parte correspondientes al Terciario Superior. Las rocas piroclásticas afloran principalmente en la base de la secuencia volcánica expuesta con un espesor que puede superar los 300 m., como bien se puede apreciar en el Cerro Colorado en el extremo NO. de dicha sierra; éstas comprenden en su mayor parte tobos riolíticos de textura variable, desde líticas compactas, de tonos rosáceos, hasta arenosas deleznable de coloración blanquecina. En ciertos intervalos de ésta unidad, se observan flujos riolíticos de textura fluidal. Ésta unidad piroclástica se adelgaza hacia la porción sur de la sierra,

El modelo conceptual del acuífero considera que se halla contenido en un medio poroso granular semiconsolidado que ha rellenado el valle tectónico de Delicias, con espesores que van de 400.0 m en el sur del valle (Saucillo), a 250.0 m en el norte (Julimes) y 150.0 m en la porción central. Los detritos más gruesos se hallan hacia los límites, mientras que hacia el centro del valle se interdigitan con sedimentos finos arcillosos, estas observaciones en conjunto con los valores de transmisividad permiten caracterizarlo en conjunto como heterogéneo y anisotrópico.

Se identificaron en pozos muestreados durante el estudio, se registraron valores de As por encima de la modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM 127-SSA1-1994.

#### GEOH-10 CARTEL

##### **HYDROLOGIC STUDY USING ELECTRICAL AND MAGNETIC SURVEY IN TEPEYOYUCA**

Flores Ruíz Jesús Hernán<sup>1</sup>, Hernández Quintero Esteban<sup>2</sup>, Peña García Pablo<sup>1</sup>, Balcázar Mario<sup>1</sup>, Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>2</sup>, López Martínez J.<sup>1</sup> y Arango Galván Claudia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

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

jhfr@nuclear.inin.mx

Problems regarding aquifers reloading in Municipality of Tepezoyuca, Estado de Mexico have been identified. The main origin of such problems is urban growing, deforestation and in labour-land which cause lost of aquifers recharges capability. Description of a model is not easy because of surrounding conditions are not constant and ground properties change in space and time. Having this panorama in the last years it has necessary several efforts in reaching the best solutions for such problems.

As part of aquifers diagnosis, shallow geophysics exploration magnetometer and electrical techniques have been carried out, in order to obtain vertical tracking of subterranean water.

Shallow structures in this site are proposed, as well as the vertical distribution determination of sedimentary layers as part of water chemical-isotopic exploration for a preliminary hydrodynamic model.

The geophysical surveys performed to determine the under ground structure in Tepexcoyuca are very important, because its surroundings are water loading system, that supply springs of importance not only for human consumption but also for fish-farming purposes.

Five magnetic profiles were carried out in order to estimate the sedimentary soil thickness, by using the Power-Spectrum technique in the wave-number space of magnetic sections, likewise the respective interfaces in underground stratigraphy by means of spectral analysis.

Two electric profiles were carried out, using Ohmmapper in the same area, 90 meters and 40 meters long respectively. This method is applied for shallow structures; less than 10 meters depth, and the objective of using it is to mapping shallow water table. An inversion method (RMS) was applied in order to achieve preliminary results. A humidity level was found at 4 meters depth; and it is suggested to use additional electrical techniques in order to reach deeper structures.

Preliminary conclusions are: Combination of several geophysical methods will improve the whole picture in interpretation and proposed models. In this particular the use of an Ohm-mapper gave response at high frequencies for shallow geometry (4.5-5 meters), while magnetometry gave better response for lower frequencies (25-30 meters) suggesting to combine both methods, for improving final results, by using the concept of "complementary differences". It is also suggested to perform these surveys during dry and raining season for assessing changes in the water table.

#### GEOH-11 CARTEL

##### **ANÁLISIS PRELIMINAR DE AGUA RESIDUAL DE UNA PLANTA LAVADORA DE CARBÓN EN PALÁU, COAHUILA, N DE MÉXICO**

De la Rosa Rodríguez Genaro, Rábago González José Luis, Galván Chávez Leticia y Piedad Sánchez Noé

*Escuela Superior de Ingeniería Lic. Adolfo López Mateos, Universidad Autónoma de Coahuila*

genaroirmeuac@hotmail.com

El poblado de Palaú, Municipio de Melchor Múzquiz, se encuentra localizado en el norte del estado de Coahuila de Zaragoza, dentro de la denominada Región Carbonífera.

Es en este poblado donde se ubica una planta lavadora de carbón, cuyo proceso esencial es separar el carbón de las cenizas o de los materiales indeseables, de tal forma que el carbón cumpla con los requerimientos de aplicación para combustión o coquización en la industria carboeléctrica o siderúrgica.

Dada la importancia económica de esta actividad y tomando en cuenta la promoción del Desarrollo Sustentable de la Región Carbonífera "satisfiriendo las necesidades presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras" (Declaración de Río, Comisión de Medio Ambiente, Naciones Unidas, 1992), la escasez de información geohidrológica y ambiental en la Región Carbonífera, conforma un obstáculo para el monitoreo y manejo integral de los recursos hídricos tanto en las corrientes superficiales como subterráneas, así como

su uso, aprovechamiento industrial y social, así como de los procedimientos y manejo integral en la descarga de agua residual.

Particularmente, en el caso de la minería del carbón, los aportes hídricos generados a partir del proceso realizado en las plantas lavadoras de carbón, constituyen una inquietud al ser depositados en presas o enviados al drenaje urbano, por lo que no existe una evaluación precisa acerca de su posible impacto ambiental, contaminación, y en su caso, su mitigación y remediación para su aprovechamiento sustentable congruente con el desarrollo económico del estado de Coahuila, y más específicamente, de la Región Carbonífera.

En este trabajo, se presentan los primeros resultados químicos del agua residual de una planta lavadora de carbón tendientes a resaltar la importancia del monitoreo de estas aguas, de importancia estratégica en esta zona semidesértica del país perteneciente al Gran Desierto de Chihuahua, para enriquecer los planes de aprovechamiento de estos recursos hídricos sin riesgo para la salud humana.

GEOH-12 CARTEL

**DR. EDUARDO AGUIRRE PEQUEÑO: GEOLOGÍA E  
HIDROGEOLOGÍA DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN**

Nájera Garza Jesús

*Coordinación Científica y Tecnológica de Nuevo León*

jng1207@yahoo.com

Dr. Eduardo Aguirre Pequeño: Impulsor de la Geología y Fundador del Instituto de Investigaciones Científicas de la UANL, en 1944, que inició sus evaluaciones geológicas regionales en el Estado de Nuevo León, con el Dr. en Geología Federico K. G. Mullierred Riedlinger, catedrático también del Instituto de Geología, UNAM y del IPN. Su aportación principal para la entidad fue su trabajo "Geología del Estado de Nuevo León", publicado en Anales n. 1 y 2, en 1944 y 1945, por el Instituto de Investigaciones Científicas de la UANL. Otra consecuencia de la entereza del Dr. Aguirre Pequeño, en el ámbito científico, lo constituye la Coordinación Científica y Tecnológica del Estado de Nuevo León, institución que, actualmente, proyecta investigar y evaluar las características hidrológicas e hidrogeológicas, con isótopos ambientales y radioactivos naturales, de las cuencas de agua subterránea de las sierras de rocas calizas, situadas al norte, noroeste y oeste de Monterrey; así como la Cuenca Integral del Río San Juan, en el territorio de Nuevo León, como tributario de la Cuenca Baja del Río Bravo; con el propósito de garantizar el abasto futuro de agua, para la creciente demanda del área metropolitana de Monterrey.

El Dr. Eduardo Aguirre Pequeño fue un científico y humanista mexicano. Nació el \* 14 de marzo de 1904 en Hualahuises, Nuevo León, México y murió el † 18 de julio de 1988 en Monterrey, Nuevo León, México. Fue hijo de Juan Aguirre y Leonides Pequeño.

Desde los ocho años quedó huérfano de padre, debiendo combinar el estudio con el trabajo para contribuir a la economía familiar. Después del cuarto grado de educación básica se mudó a Ciudad Victoria, Tamaulipas, para continuar con sus estudios, concluyendo la instrucción básica en 1919. En 1920 inició sus estudios intermedios en el Colegio Civil de Monterrey. Entre 1926 a 1932 realizó estudios de medicina en la Escuela de Medicina de Monterrey, que había sido fundada por José Eleuterio González, Gonzalitos. Al mismo tiempo se empleaba como preparador de cadáveres en el Hospital Civil, adjunto a la escuela de Medicina, posteriormente fungió como catedrático de Ciencias Biológicas en el Colegio Civil.

Fundó las facultades de Biología y Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Además, recibió varios reconocimientos, entre ellos el de "Benemérito de las Ciencias del Estado de Nuevo León".

Hizo contribuciones a la investigación del Mal del Pinto, siendo el primer científico mexicano (hasta hoy registrado) que se auto inoculó, pues en animales de laboratorio no se reproducía la enfermedad. El Mal de Pinto es una enfermedad sistémica parecida a la sífilis, causada por la *Treponema carateum*, que ataca a los individuos que viven en zonas tropicales.

Actualmente la preparatoria No. 25 de la Universidad Autónoma de Nuevo León en Escobedo, Nuevo León lleva su nombre, (las demás preparatorias sólo tienen un número como identificación).

Sesión Regular

# **Geología del Petróleo**

Organizador:

Manuel Grajales Nishimura

GP-1

## ¿ES POSIBLE MÁS VOLUMEN ORIGINAL DE HIDROCARBUROS EN IXTOC?

Ravelo Cervantes Janet Isabel y Villacrés Jouvín Bolívar Guillermo

*Schlumberger*

jcervantes5@slb.com

Ixtoc es uno de los campos petroleros de la región marina de México aproximadamente a 90 km al NO de Ciudad del Carmen – Campeche, fue descubierto con gran estrépito por el pozo Ixtoc-1 en 1979, ese fue el inicio de la controversia de este campo.

El volumen certificado en yacimiento es de 142 MMB. Hasta diciembre del 2007, se han producido 74.4MMB con tres pozos productores del yacimiento fracturado del Cretácico Superior bajo condiciones estables de presión. En estas condiciones el factor de recuperación supera el 50%, valor poco probable desde la perspectiva física y de ingeniería.

La gran estabilidad en las presiones y un factor de recobro tan significativo podría sugerir que:

Premisa 1: La estructura es más grande, lo que implicaría mayor área y volumen de almacenamiento.

Premisa 2: Las propiedades petrofísicas del campo mejoran en dirección NE a medida que se alejan de los pozos, de tal manera que los valores promedio de porosidad, relación neto bruto y saturación de agua en el campo resultan en un incremento al volumen de hidrocarburo.

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis de sensibilidades en las velocidades y en los parámetros petrofísicos de la estructura comprendida entre la falla del Ixtoc-207 y la falla Kambesah para llevar el volumen al escenario más optimista (P90) bajo las dos premisas anteriores utilizando los datos existentes.

El flujo de trabajo consiste en la modelación de mapas de tendencias con datos de campos cercanos y clasificación de rocas en los pozos. Posteriormente la clasificación se lleva a nivel de campo utilizando geoestadística y los mapas de tendencias previamente modelados. El resultado son distribuciones de porosidad, relación neto a bruto y saturación de agua para el campo con las cuales es posible calcular un volumen de hidrocarburo a condiciones originales.

Los resultados de este trabajo muestran un incremento sustancial en el volumen de hidrocarburos con respecto a resultados previos, sin embargo tales resultados siguen sin ser correspondientes con los arrojados por el balance de materia. Esta circunstancia, deja sin explicación el comportamiento estable y buena producción del campo Ixtoc desde hace veinte años y deja la puerta abierta a la exploración en zonas nuevas.

GP-2

## SIGSBEE 11 -- RESULTADOS PRELIMINARES DEL LEVANTAMIENTO GEOFÍSICO DEL LECHO MARINO EN EL POLIGONO ORIENTAL INTERNACIONAL DEL GOLFO DE MEXICO A BORDO DEL BO JUSTO SIERRA, 2008

Mortera Gutiérrez Carlos A.<sup>1</sup>, Escobar Briones Elva<sup>2</sup>, Bandy William L.<sup>1</sup>, Ponce Núñez Francisco<sup>1</sup>, González Reyes Diana<sup>1</sup>, Rufino Contreras Iván<sup>1</sup>, Pérez Calderón Daniel<sup>3</sup>, Tecanhuey Sánchez Héctor<sup>1</sup>, Peláez Gaviria Juan Ramón<sup>4</sup> y Ortega Ramírez José<sup>5</sup>

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

<sup>2</sup>*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*

<sup>3</sup>*Facultad de Ingeniería, UNAM*

<sup>4</sup>*Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM*

<sup>5</sup>*Instituto Nacional de Antropología e Historia*

cmortera@geofisica.unam.mx

Entre el 26 de junio y el 4 de julio del 2008, la campaña oceanográfica SIGSBEE 11 a bordo del BO JUSTO SIERRA de la UNAM llevo a cabo un levantamiento geofísico exploratorio del lecho marino dentro del área del polígono oriental internacional (limitado por las zonas exclusivas económicas de Cuba, México y USA). Este levantamiento del lecho marino obtuvo datos de 18 corredores a lo largo de perfiles con direcciones E-W o W-E que consisten de registros continuos de: (1) batimetría monohaz con la ecosonda Kongsberg EA600, (2) batimetría multihaz con la ecosonda Kongsberg EM300, (3) secciones sísmicas de muy alta resolución con la ecosonda de penetración Kongsberg TOPAS PS18, y (4) magnetometría con el magnetómetro Geometrics G877. Los resultados preliminares de estos datos batimétricos muestran rasgos estructurales generales que el lecho marino dentro del polígono esta constituido por una gran planicie abisal que esta siendo cambiada por los grandes aportes turbulentos de sedimentos que transporta el cañón submarino del Río Mississippi. Los barridos de datos batimétricos multihaz evidencian numerosos meandros del cañón submarino, conformado de bordes de altura hasta 40 metros y extendiéndose hacia el sur hasta 26.1N y al poniente hasta 86.3W. Los perfiles sísmicos muestran paquetes de sedimento laminares con una alta resolución hasta una penetración de 80 metros, sin embargo en varias secciones las reflexiones no penetran el subsuelo, formando zonas blanqueadas que posiblemente sean el resultado del gran cúmulo de deposito de turbiditas o debido a la acumulación gases cercanos a la interfase agua-sedimentos. Los datos de magnetometría tienden a variar muy poco para ser correlacionados a anomalías asociadas a estructuras oceánicas.

GP-3

### ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE HIDRATOS DE METANO POR MEDIO DE HORIZONTES SÍSMICOS BSR AL SUROESTE DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Cruz Melo Carlos E.<sup>1</sup>, Mortera Gutiérrez Carlos A.<sup>2</sup>, L. Bandy William<sup>2</sup> y Michaud François<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>UMR Géosciences Azur, UPMC

ccmelo@gmail.com

Estudios sobre la presencia de hidratos de metano en sedimentos del lecho marino de los márgenes del Pacífico mexicano son muy limitados. Cinco perfiles de reflexión sísmica que cruzan la margen Occidental de la Península de Baja California, hacia la porción oceánica del suroeste, obtenidos durante la expedición de geofísica marina conjunta Francia-México (FAMEX) son analizados para identificar la respuesta sísmica ocasionada por la presencia de hidratos de metano (BSR). La característica típica de ésta respuesta, es un horizonte de polaridad inversa a la reflexión del piso oceánico, su forma es paralela al horizonte del lecho marino y en ocasiones es discordante a la tendencia de las secuencias sedimentarias. La presencia de hidrato de metano en los sedimentos altera las propiedades elásticas de la formación haciéndola más rígida. La reflexión del horizonte BSR se ha asociado con la base de la formación con hidratos y marca el contraste de las propiedades acústicas entre los sedimentos con hidratos y sedimentos con gas libre. Dos métodos son utilizados para estimar las temperaturas a lo largo de los horizontes BSR identificados. La primera se realizó extrapolando temperaturas calculadas para el piso oceánico, en tanto que la segunda calcula las temperaturas a partir de una temperatura propuesta para el piso oceánico. Las temperaturas obtenidas se encuentran entre los 3.5°C y 17.4°C. Las temperaturas resultantes son comparadas en un diagrama de fase de estabilidad generalizado para hidratos de metano con temperaturas medidas y coeficientes de conductividad térmica de otros sitios en los que se ha reportado la existencia de gas hidratado, encontrando diferencias menores a 1.5°C con las temperaturas estimadas para el área FAMEX.

GP-4

### INTERPRETACIÓN DE FALLAS JURÁSICAS Y SU EVALUACIÓN EN EL RIESGO EXPLORATORIO, CAMPOS KU, MALOOB Y ZAAP.

Jiménez Guerrero Martín<sup>1</sup>, Figueroa Correa Gerardo<sup>2</sup> y Ortuño Maldonado Enrique<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Schlumberger

<sup>2</sup>Petróleos Mexicanos

mguerrero5@slb.com, mjimenezgu@pep.pemex.com

El Jurásico Superior Kimeridgiano de acuerdo al contenido de oolitas en sus partes altas, se ha considerado como un horizonte con buenas posibilidades de contener hidrocarburos, sin embargo hasta la fecha la mayor parte de estudios han sido enfocados a la brecha del Cretácico Superior por ser esta, la estructura geológica más importante en la Región Marina. Para validar el potencial del Jurásico Superior Kimeridgiano, se realizó un estudio utilizando

técnicas adicionales que auxiliaron en el proceso y sustentaron los resultados. De esta manera se involucraron, además de la interpretación sísmica en tiempo, diverso software, con la finalidad de interpretar fallamiento y/o fracturamiento subsísmico, el cual debido a la baja resolución de la señal en tales niveles de estudio, es difícil de identificar en la interpretación común. Estos patrones de alineamiento impactan directamente en la evaluación de reservas al ser en algunos casos, límites de posibles bloques independientes o corredores de fracturas.

La identificación de las fallas jurásicas reactivadas durante el terciario es de gran importancia para obtener y sustentar el potencial del Kimeridgiano reduciendo el riesgo exploratorio. El modelo jurásico implica bloques escalonados independientes separados por fallas normales con dirección Este-Oeste y saltos de unos cuantos metros, difíciles de identificar en la interpretación sísmica en tiempo tradicional.

GP-5

### OBTENCION DE LA SATURACION DE AGUA (SW) EN HIDRATOS DE METANO USANDO REGISTROS GEOFISICOS DE POZOS Y UN MODELO PETROFISICO DE DOBLE AGUA

Cortes Plata José Luis<sup>1</sup> y Coconi Morales Enrique<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Petróleo

luisjosegeo@gmail.com.mx

Los hidrocarburos son combinaciones especiales de hidrógeno y carbono que se encuentran en el subsuelo y son actualmente una fuente no renovable de energía. Sin embargo, existe otra fuente de energía, los hidratos de metano, los cuales pueden ser la fuente de energía del futuro. Bajo el suelo marino en diferentes regiones del mundo se encuentran grandes depósitos de metano en forma de hidratos que en la actualidad no se explotan.

En este trabajo se presentan resultados de la obtención de saturación de agua en hidratos de metano, usando métodos convencionales para evaluar registros geofísicos de pozos (RGP) en arenas arcillosas y su aplicación a datos reales, los cuales se comparan con resultados publicados en la literatura, en particular con datos del mar de Japón.

Los RGP que se usaron en este trabajo son: de resistividad (Rt), de densidad (rhob), porosidad (nphi), rayos gamma (GR) y de resonancia magnética (RMN); el modelo petrofísico que se uso para este estudio fue el de doble agua en arenas arcillosas y en particular se usaron cuatro métodos para determinar la saturación de agua.

El volumen de arcilla (Vsh) fue evaluado usando GR, por otra parte el uso de al menos una porosidad, que no es afectado por la presencia de hidrato, es indispensable para estimaciones de porosidades exactas; normalmente se cuenta con los registros de densidad y porosidad y como una alternativa nueva la porosidad obtenida del registro de resonancia magnética nuclear.

Los resultados obtenidos se compararon con los reportados en la literatura y cuya calibración fue buena. De aquí se concluye que el modelo petrofísico de doble agua puede ser usado para la determinación de la saturación de agua (Sw) con contenido de hidratos de metano para formaciones areno arcillosas y el método de compensación automática (doble agua) da los mejores resultados en la determinación de Sw.

GP-6

### **METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE FORMACIONES EN ARENAS ARCILLOSAS USANDO REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZO**

Coconi Morales Enrique<sup>1</sup> y Morales Zuñiga Emmanuelle Abdala<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto Mexicano del Petróleo*

<sup>2</sup>*Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN*

ecoconi@imp.mx

Desde los años noventa, en varios de los yacimientos descubiertos o reevaluados se han valorado las reservas contenidas en zonas arenosas, resultando una alta estimación de producción para estos yacimientos. Para garantizar día con día la oferta de hidrocarburos, la confiabilidad y técnica desempeña un papel muy importante, pues contribuye a reducir los riesgos de fallas e imprevistos en el abasto de hidrocarburos a largo plazo.

En este trabajo se presenta una metodología alterna que permite calcular y obtener la saturación de agua en un yacimiento caracterizado por la presencia de arenas arcillosas. A diferencia de otras metodologías se cuenta con múltiples opciones para obtener las variables utilizadas dependiendo de la información con la que se cuenta. Se define la necesidad de obtener todos los parámetros necesarios como son: la porosidad, el exponente de cementación, el exponente de saturación, la resistividad del agua y la resistividad verdadera, con el fin de determinar la saturación y de esta forma poder obtener una evaluación óptima del yacimiento.

Asimismo se presentan ecuaciones de segundo y tercer orden que permiten obtener la salinidad de una formación.

Finalmente esta metodología se aplica a datos de un yacimiento de arenas con arcillas, un dato muy particular de esta información es que cuenta con muy pocos registros. Estos resultados permiten concluir, 1) que dicha metodología es de gran utilidad y facilita la obtención de parámetros necesarios para la obtención de saturación de agua, para establecer los criterios de producción en los pozos y 2) La ecuación planteada para determinar salinidad en función de la temperatura, muestra un comportamiento muy semejante al reportado en otros trabajos.

GP-7

### **METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE FLUIDOS USANDO ANÁLISIS MULTIESCALA, PROBABILIDAD CONDICIONAL Y REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZOS**

Lugardo Zamora Ivonne<sup>1</sup> y Coconi Morales Enrique<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN*

<sup>2</sup>*Instituto Mexicano del Petróleo*

iluza\_fkld@hotmail.com

Hoy en día en la industria petrolera se enfrentan nuevos retos para la exploración y explotación de petróleo y otros fluidos, lo que promueve el desarrollo de técnicas que contribuyan a solucionar éstos problemas.

En este trabajo se presenta la teoría de la Transformada de ondícula (WT) y el análisis multi-escala, recientemente desarrollados en el área de ciencias de la Tierra, así como los principios de algunos de los Registros Geofísicos de Pozos (RGP) que contribuyen a la caracterización de yacimientos y la

aplicación de la teoría de probabilidad condicional. Al conjuntar estos métodos para el análisis de RGP se presenta una nueva metodología para la determinación de fluidos.

Se realizó el análisis convencional del yacimiento, obteniendo volúmenes litológicos, graficas cruzadas (cross plots) y saturaciones de agua para comprobar los resultados obtenidos con la metodología propuesta, que comprende la descomposición de la señal con la transformada de ondícula discreta (DWT) y continua (CWT) y la construcción de gráficas de escala contra energía para doce pozos con diferentes intervalos saturados (aceite, agua y gas) que contaban con los principales RGP resistivos y de información litológica, a los datos se les aplicó probabilidad condicional (teorema de Bayes) que permite cuantificar las secciones elegidas de los registros (zonas de interés), usando para esto las escalas obtenidas de la DWT. La presentación de resultados es mediante configuraciones donde se observa si la escala con mayor probabilidad coincide con la representación del fluido y de manera general, la correspondencia de las escalas intermedias asociadas a fluidos, la litología que corresponde a la zona de interés, y la respuesta del registro para el intervalo analizado.

Para el caso de una zona con aceite se estimó una probabilidad de 71% con la escala 8 para la curva de inducción profunda (ILD) y como parte de los resultados finales se observó que para la mayoría de los registros utilizados para este análisis (MINV, CILD, DETECTOR CERCANO, SIGMA, RHOB, MNOR, ILM, ILD) y para la zona de aceite, la escala 8 presentó la probabilidad mas alta.

GP-8 CARTEL

### **MODELADO DE REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZOS EN ARENAS ARCILLOSAS USANDO SISTEMAS LINEALES**

Coconi Morales Enrique<sup>1</sup>, Ávila Vizuet  
Karla Cecilia<sup>2</sup> y Ronquillo Jarillo Gerardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Instituto Mexicano del Petróleo*

<sup>2</sup>*Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN*

ecoconi@imp.mx

Es importante contar con modelos que ayuden a caracterizar ambientes de depósito en sedimentos siliciclásticos. Estos modelos pueden generarse con ayuda de los Registros Geofísicos de Pozo (RGP) y con los parámetros que estos miden, tratando de describir su respuesta frente a ciertas características de las rocas.

En el presente trabajo se presenta una metodología para modelar Registros Geofísicos sintéticos usando ecuaciones de tipo lineal, para diferentes modelos litológicos en arenas arcillosas. Estas ecuaciones son un modelo lineal de las respuestas que las herramientas podrían arrojar al estar midiendo los parámetros de algunas secuencias de rocas a lo largo del pozo. Las variables que componen a estas ecuaciones son la porosidad, el volumen de arcilla, la saturación de fluidos, así como el tipo de matriz.

De igual forma, también se realizó una breve investigación geológica- geofísica, para la propuesta de modelos sedimentarios, todos ellos basados no únicamente en cambios litológicos de arenas, y arcillas, también con presencia de sal y caliza.

Esta metodología ubica en primer lugar el tipo de roca que se va a utilizar, seguido de los porcentajes de lutita (arcilla) que se encuentra en la roca, los porcentajes de porosidades, y todas

aquellas características que tienen las rocas utilizadas en los modelos litológicos que van a proporcionar la respuesta de un Registro Geofísico de Pozo, incluyendo ruido.

Se concluye que los Registros Geofísicos sintéticos obtenidos con las condiciones litológicas propuestas, muestran claramente la diferencia entre la respuesta de una arcilla, una arena, una arcillo-arenosa y una arena-arcillosa dependiendo del registro observado.



Sesión Regular

# **Geología Estructural y Tectónica**

Organizadores:

Luca Ferrari Pedraglio

José Rosas Elguera

GET-1

### **ESTRUCTURA EN LAS CUENCAS WAGNER Y CONSAG, GOLFO DE CALIFORNIA, A PARTIR DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN**

Hernández Pérez José Antonio, González  
Escobar Mario y Martín Barajas Arturo

*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*

mgonzale@cicese.mx

Se procesaron e interpretaron 415 km de líneas sísmicas de reflexión 2D multicanal propiedad de Petróleos Mexicanos (PEMEX), con el objetivo de estudiar rasgos estructurales en el norte del Golfo de California. La región comprende la zona de transición entre las cuencas Wagner y Consag. La configuración general de las cuencas está controlada por 4 principales fallas, siendo estas; Percebo, Santa María, Wagner Sur y Consag Sur, así como un alto estructural que divide a los dos depocentros. Encontramos que las cuencas Wagner y Consag están delimitadas por fallas Wagner Sur al este y Consag Sur al oeste, respectivamente. La falla Percebo bordea el margen oeste del depocentro moderno en la cuenca Wagner con un rumbo de N10W y echado promedio de 40 al noroeste. La falla Santa María se encuentra en el centro del depocentro de la cuenca Wagner con orientación N19 W y buzamiento de ~40 al oeste. La falla Consag Sur tiene una dirección N14 W, con echado ~42 al este y una longitud de 21 km. Finalmente la falla Wagner Sur es la principal estructura al oriente del área de estudio, siendo casi paralela a la falla Consag Sur con una longitud de ~86 km y dirección N10W, con un promedio de echado de ~59 al este.

El alto estructural observado delimita la parte norte de la cuenca Consag, con el sur de la cuenca Wagner. En este sector no se observa la presencia de basamento acústico y/o cuerpo intrusivo lo cual es consistente con los reportes de gravimetría y magnetometría que se tienen del área. Este alto estructural está formado por un arreglo de fallas de orientación NNE con caída vertical de pocas decenas de metros y se considera como una zona de transferencia que conecta las zonas escalonadas de extensión que forman la cuenca Wagner y la cuenca Consag. Mientras que el cierre sur de la cuenca Consag tiende a interceptarse con las fallas de rumbo NE de la cuenca Delfín Superior. Finalmente la cuenca Consag es más somera y estrecha, siendo ~2.5 veces más pequeña que la cuenca Wagner y posiblemente acomoda parte de la cizalla lateral derecha del límite de placas.

GET-2

### **DEFORMACIÓN TRANSPRESIVA ACOMODADA POR EL EMPLAZAMIENTO DE CUERPOS FÉLSICOS EN EL PLUTÓN ROSARITO, AL SUR DEL CINTURÓN BATOLÍTICO PENINSULAR, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.**

Peña Alonso Tomás A., Delgado Argote Luis A. y Weber Bodo

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

alepena@cicese.mx

El plutón Rosarito (RO) es un intrusivo gabrónico-diorítico de 15 km<sup>2</sup> que conforma el Complejo Plutónico Nuevo Rosarito, localizado al sur del Cinturón Batolítico Peninsular, en Baja California, México.

RO tiene geometría elíptica, y su eje mayor orientado hacia NNW-SSE se extiende 6 km.

La actitud de la roca encajonante es sub-vertical. Su litología está definida por rocas metavolcánicas intercaladas por metasedimentos, su metamorfismo varía de facies de esquistos verdes a anfibolita, y sus fábricas varían de esquistosas a protomiloníticas.

RO está formado por distintas unidades intrusivas que definen distintas etapas de emplazamiento. La mitad norte del intrusivo está definida por gabro y por afloramientos de asociaciones cumuláticas ricas en plagioclasa. La mitad sur está definida por gabro y diorita. Gabro y diorita son cortados por numerosos cuerpos félsicos.

Los cuerpos félsicos definen un gradiente de primer orden de dirección SW-NE, descrito en tres dominios: dominio sur (SD), dominio central y norte (CND), y dominio este (ED).

SD comprende los cuerpos félsicos localizados en el lóbulo sur de RO. SD se subdivide al SW, en un cuerpo difuso (SD1), de composición tonalítica, de 108 Ma (U-Pb en zircón), con fábricas magmáticas (172°/87°), y evidencia emplazamiento por hidrofracturamiento; y al NE, en cuerpos elongados hacia NW-SE (SD2), de composición tonalítica-granodiorítica, con un progresivo traslape de fábricas en estado sólido. Las microestructuras de SD2 evidencian bajas tasas de deformación.

CND comprende diques de granodioríticos-graníticos localizados en el eje mayor de RO. Estos diques tienen espesor variable (hasta pocas decenas de metros), orientación NW-SE, granularidad media a fina; y se caracterizan por su textura predominantemente milonítica. Las microestructuras de CND evidencian altas tasas de deformación con presencia de fundido. Las fábricas miloníticas se orientan hacia 319°/83° y las líneas minerales hacia 342°/61°, que definen una cinemática de NE-sobre-SW.

ED comprende un complejo de diques localizado en el flanco oriental de RO. Tal complejo está definido por cuerpos tabulares graníticos intrusionados por diques sieníticos (< 2m espesor) muy poco espaciados (< 1m). Las fábricas de ED definen pliegues isoclinales. Las microestructuras de ED evidencian bajas tasas de deformación. En resumen, de SW a NE los cuerpos félsicos presentan un gradiente en su composición, geometría, textura, fábricas y tasa de deformación.

Finalmente, todas las unidades intrusivas son cortadas por planos de cizalla discretos, de arreglo ortogonal y rellenos de epidota. Sus planos nodales se orientan 343°/87° y 73°/89°, con sentido de cizalla derecho e izquierdo, respectivamente; y la solución axial de Binham define un s1 hacia 208°/02°.

En conjunto, las relaciones de contacto, los datos de la orientación de las fábricas magmáticas de SD1, la orientación y cinemática de las fábricas miloníticas de CND, los planos nodales y la solución axial de la cizalla ortogonal, y el gradiente de los cuerpos félsicos ya mencionado; sugieren que un régimen de esfuerzos transpresivo inició promoviendo la intrusión félsica hace 108 Ma, y fue acomodado principalmente a través del progresivo emplazamiento félsico.

GET-3

### DIFERENCIAS ESTRUCTURALES ENTRE PLUTONES GABRÓICOS A TONALÍTICOS DEL SUR DEL CINTURÓN BATOLÍTICO PENINSULAR, BAJA CALIFORNIA, DEBIDAS A SU FORMA DE EMPLAZAMIENTO

Delgado Argote Luis A.<sup>1</sup>, Avilez Serrano Porfirio<sup>1 y 2</sup>,  
Juárez Rueda Patricia<sup>1 y 2</sup> y Peña Alonso Tomás A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> División de Ciencias de la Tierra, CICESE

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Guerrero

ldelgado@cicese.mx

En el Cinturón Batolítico Peninsular, tanto la tendencia estructural, como la distribución de los plutones, es predominantemente NNW. En una región de 150 km<sup>2</sup> centrado en 28.5°N y 114°W, afloran tres plutones cuya composición varía de gabrónica a tonalítica. El más meridional es el plutón El Salinito (22 km<sup>2</sup>), es circular, diorítico en su núcleo y gabrónico en su periferia, ambos ricos en piroxeno. En el centro-oriente aflora el plutón El Marmolito (30 km<sup>2</sup>), está elongado N-S y su composición es tonalítica. Hacia el norte está el plutón La Unión (26 km<sup>2</sup>), de composición diorítica a tonalítica, está deformado en sus bordes, es circular en planta y se caracteriza por tener diques félsicos de aspecto sinuoso. Tanto El Marmolito como La Unión contienen hornblenda > biotita. Todos están encajonados en una secuencia volcanosedimentaria en la facies de esquisto verde (límite inferior de P-T) que puede ser parte de la secuencia antigua de la Fm. Alisitos y que, en esta zona, muestra una persistente actitud estratigráfica y foliación NNW con echados subverticales. Las facies sedimentarias clásticas en los bordes norte y oeste de El Marmolito están intrusionadas por diques pegmatíticos con muscovita y turmalina.

Los plutones muestran diferencias estructurales entre sí. El Salinito tiene fracturas concéntricas notables a escala grande; a nivel de afloramiento la foliación magmática es casi paralela a las fracturas verticales; en sus bordes SE y E, está foliado por deformación, paralelamente a la foliación magmática y, en el SW los enclaves de gabro en diorita indican su edad relativa. El Marmolito no está deformado y su foliación magmática promedio está notablemente orientada 111/89, mientras que las fracturas verticales se orientan en promedio 90/90, sugiriendo su desarrollo simultáneo; en el SW, este plutón permea en posición vertical a esquistos, dándole un aspecto bandeado. En la zona de permeación es notable el cizallamiento NW. El rasgo más característico en la parte norte del plutón La Unión es el desarrollo de estructuras miloníticas orientadas NNW, igual que la foliación por deformación en el oriente del cuerpo. La foliación magmática es paralela a los rasgos anteriores, mientras que las fracturas verticales muestran una tendencia ortogonal E-W y N-S.

Con base en la composición mineralógica y los rasgos estructurales, se infiere que cada uno de los plutones tuvo una historia de emplazamiento distinta. El Salinito tiene características de diapiro cuyo emplazamiento como plutón zonado ocurrió relativamente rápido. El Marmolito muestra un emplazamiento más pasivo con asimilación del techo por efecto de permeación y movimiento en sentido WNW, posiblemente en un ambiente dominado por la flotación neutral. Por su parte, La Unión muestra rasgos estructurales que indican una deformación intensa de los bordes debida posiblemente a un efecto de ballooning, mientras que la sinuosidad de los diques en la parte central del plutón sugiere que dichos diques resultan de la migración hacia arriba de la fracción líquida, diferenciada y de composición granítica del cuerpo de magma al alcanzar la cristalinidad crítica (más del 70% de fase cristalina).

GET-4

### PROPUESTA ESTRUCTURAL PARA EL BASAMENTO GUERRERO-MORELOS EN SAN NICOLAS TENEXCALCO, PUEBLA

Vásquez Serrano Alberto, Ramón Márquez Víctor Manuel,  
Muñoz Máximo Ignacio y Reynoso Carvajal Melesio

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

hidroponia-nopalucan@hotmail.com

Como parte de los estudios realizados en la parte SE del estado de Puebla, en la población de San Nicolás Tenexcalco, Puebla. Se realizó una propuesta estratigráfica y estructural del basamento Guerrero-Morelos que aflora en el área.

Para ello se tomo en cuenta información previa proporcionada por el Servicio Geológico Mexicano, a través del mapa 1:50000; Carta Geológica Chiautla E14-B72, y de los datos obtenidos en el campo.

El área de estudio abarca aproximadamente 5 kilómetros cuadrados, donde existe una manifestación importante de Oligisto en la parte SW, dicho afloramiento esta relacionado con la actividad intrusiva del Terciario y que afecto a las rocas de la Formación Morelos.

Esta mineralización debe estar seguramente asociada a algún tipo de estructuras, donde las soluciones hidrotermales aprovecharon estas zonas de debilidad, emplazándose en forma de mantos y boleos en la Formación Morelos por metasomatismo de contacto.

La estructura mayor que proponemos para la zona es un sistema de fallas normales formando finalmente un Horts, con orientación N-S, donde en la parte E la falla marca el contacto entre la Formación Morelos y los depósitos tobaceos del Terciario, mientras que en la parte W, la otra falla esta afectada por la mineralización. También hay que decir que existen una serie de fracturas a lo largo del Horts, que son perpendiculares a las fallas, estas también son afectadas por la mineralización en la parte sur del área de estudio.

La Formación Morelos que aflora en el área presenta una topografía alta formando una sierra, en el campo se distinguió como una sucesión de calizas y dolomitas para esta formación, esto concuerda con lo observado en otras zonas en los estados de Moleros y Guerrero.

Una parte importante es la manifestación de la Formación Cuautla en el área de estudio, que no era considerada en la carta geológica del Servicio Geológico Mexicano, en la zona; y que con ella se logro tener la serie continua estratigráfica y cronológicamente del Basamento Guerrero-Morelos. Aunque no esta aflorando la Formación Mexcala en el área de estudio, en zonas cercanas si esta presente.

GET-5

### DESARROLLO ESTRUCTURAL DEL GRABEN DE SANTIAGUILLO, DURANGO, MÉXICO

Nieto Samaniego Angel, Barajas Gea Ivan, Alaniz Álvarez Susana A. y Gómez González Juan Martín

*Centro de Geociencias, UNAM*

afns@dragon.geociencias.unam.mx

Con base en el estudio estratigráfico, estructural y un monitoreo sísmico local, realizados en el graben de Santiagoullo (Durango) se reconstruyen las etapas del desarrollo de esa estructura. El graben de Santiagoullo forma la parte noroccidental del sistema de fallas San Luis-Tepehuanes, el cual se encuentra ubicado en el límite entre las provincias Sierra Madre Occidental y Mesa Central. Se diferenciaron ocho unidades litoestratigráficas con un alcance estratigráfico que abarca del Eoceno al Cuaternario. La base de la secuencia estratigráfica la componen andesitas porfídicas, la parte media la compone un grupo de ignimbritas, depósitos de caída y lavas riolíticas, y la parte superior la componen lavas basálticas y sedimentos aluviales y lacustres. En el graben de Santiagoullo se identificaron cuatro zonas con características estructurales distintivas: La zona sureste está caracterizada por fallas normales que produjeron una estructura asimétrica, desarrollándose un semigraben. La zona media presenta el desarrollo de dos relevos de falla, uno izquierdo y uno derecho, que fueron formados por la propagación e interacción de las fallas principales. La zona noroeste está caracterizada por fallas normales que produjeron estructuras con mayor simetría, formando un sistema de horst y graben. Se reconocieron dos orientaciones principales de paleoesfuerzos: una con  $\sigma_3$  orientado al ENE interpretada como la orientación regional, y otra con  $\sigma_3$  orientado NNW interpretada como un estado de esfuerzos local en la zona de relevo derecho. El desarrollo principal de la estructura ocurrió entre los  $38.8 \pm 1.0$  Ma y el Mioceno temprano; sin embargo, la presencia de actividad sísmica local indica que la estructura continua activa.

GET-6

### EVIDENCIA MAGNETOTELURICA DE TECTONISMO DE EXTENSION ASOCIADO AL GRABEN DEL VALLE DE BANDERAS

Álvarez Béjar Román<sup>1</sup>, Arzate Flores Jorge<sup>2</sup> y Corbo Camargo Fernando<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM*

<sup>2</sup>*Centro de Geociencias, UNAM*

rab@leibniz.iimas.unam.mx

En publicaciones previas hemos reportado que el Valle de Banderas, continuación en tierra de la Bahía de Banderas, entre Jalisco y Nayarit, tiene una estructura de graben, con el flanco este más caído que el flanco oeste. También hemos propuesto que este graben forma parte del límite NW del Bloque de Jalisco, junto con otros grábenes que siguiendo una dirección NE se extienden desde el graben Tepic-Zacoalco hasta la Bahía de Banderas. Asimismo hemos anotado que el eje del graben del Valle de Banderas está desviado alrededor de  $30^\circ$  respecto al Cañón de Banderas, observación que hasta ahora no ha sido explicada. Aquí discutimos la respuesta de un transecto magnetotelúrico (MT) que inicia en Cabo Corrientes, continúa en

las Islas Marietas, y recorre la costa Nayarita desde Punta Mita hasta la Bahía de Matachén, en donde se interna con rumbo norte hasta las estribaciones de la Sierra Madre Occidental. La sección MT presenta dos claras discontinuidades que delimitan una región que va desde Punta Mita hasta el poblado ribereño de Rincón de Guayabitos (RG). Se puede ver, con ayuda del modelo digital del terreno de esta zona, la existencia de una falla con rumbo WNW-ESE que parte de la saliente de Punta Raza en la costa junto a RG, en donde ocurre la discontinuidad resistiva del norte, atraviesa la Sierra de Vallejo continuando en la desviación lateral del curso del río Ameca (Aguamilpa) en la parte norte del Valle de Banderas y sigue hacia el SE por el cause de un río afluente del río Ameca; este sería el límite norte del bloque desplazado. La discontinuidad en resistividad al sur, que corresponde a Punta Mita, no tiene una falla que la delimite claramente; sin embargo proponemos tentativamente que el alineamiento entre la porción de la traza NW-SE del río Pitillal, al SE del Valle de Banderas, y la costa al SE de Punta Mita constituyen el límite sur del bloque desplazado. Postulamos que ese bloque, acotado por las estructuras recién discutidas que delimitan al N y S al Valle de Banderas, fue desplazado en la dirección WNW por un proceso de extensión tectónica que dio lugar a la formación de ese valle, induciendo un desplazamiento del cauce del río Ameca en la zona norte del valle estimado en 11 km, y creando los límites actuales entre la Bahía y el Valle de Banderas. El cambio brusco en la resistividad de esa zona se debería entonces al contraste entre la resistividad del bloque desplazado y la de las regiones vecinas que no fueron desplazadas.

GET-7

### SIMILITUD DE FALLAS GEOLÓGICAS BASADA EN LA COHERENCIA DE 3 DISLOCACIONES BÁSICAS: UNA APORTACIÓN DE LA SISMOLOGÍA A LA GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Ortega Ruiz Roberto

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

ortega@cicese.mx

Este trabajo presenta un método para cuantificar similitud de fallas geológicas, representándolas en cantidades que dependen solamente de los invariantes del tensor de momento que son independientes del espacio. Para usar este método se forma un espacio vectorial riguroso del tensor de momento con base en el tercer invariante (coherencia) del tensor de correlación  $J_3$ . La base de este sistema vectorial es similar al que se usa en la inversión del tensor de momento para el modelado de forma de onda en sismología. El espacio vectorial es una combinación lineal de tres tensores de momento elementales y es una medida de su similitud. Debido a que esta decomposición en tres tensores de momento elementales es una representación lineal completa de cualquier dislocación, entonces esta representación expresa la similitud de cualquier falla geológica con la ventaja de que este espacio vectorial está representado en un espacio Euclidiano, evitando de esta forma la distorsión en proyecciones esféricas cuando se trata de representar similitud de fallas geológicas en el espacio tradicional de rumbo, echado y pitch. Este método es especialmente útil para discriminar fallas en la inversión de esfuerzos para regiones heterogéneas o áreas que han sufrido basculamientos o rotaciones continuas cuyas fallas representan similitudes que solamente varían de su posición en el espacio.

GET-8 CARTEL

**DATA LIMITATION OF FAULT SIZE FOR ANALYSIS  
OF FAULT DISPLACEMENT-LENGTH RELATIONSHIP**

Xu Shunshan<sup>1</sup>, Nieto Samaniego Angel<sup>1</sup>, Velasquillo  
Martínez Luis<sup>2</sup>, Grajales Nishimura José Manuel<sup>2</sup>,  
Murillo Muñetón Gustavo<sup>2</sup> y García Hernández Jesús<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Centro de Geociencias, UNAM*

<sup>2</sup>*Instituto Mexicano del Petróleo*

<sup>3</sup>*Petróleos Mexicanos Exploración y Producción*

sxu@dragon.geociencias.unam.mx

In this paper, we first review 22 published datasets of fault displacement (D) and trace length (L). According to correlation coefficients for linear and power-law analysis, four relationships between L and D are found: linear, power law, both linear and power law, neither linear nor power law. For the 14 datasets with correlation coefficients larger than 0.55, the average value of power-law exponents (n) is 0.9722. These results indicate that true relationship between L and D is linear, although individual dataset can not determine the universal scaling law. Second, we present maximum displacement-length (D-L) data from the normal faults of the Akal block of the Cantarell oilfield in the southern Gulf of Mexico (offshore Campeche). The data are measured from four structural contour maps at four different horizons. The results show that three factors should be considered when the fault maximum displacement is used to analyze the linear relationship between maximum displacement and length. At first, fault interaction reduces the correlation coefficient (R<sup>2</sup>) of linear D-L relationship. The correlation coefficients for two-tip faults are larger than those for the one-tip or no-tip faults. On the other hand, the correlation coefficient for linear D-L relationship is dependent on the observed levels. Furthermore, dip displacement for a normal fault is better for analysis of linear D-L relationship than other displacement components.

Sesión Regular

# **Geología y Geofísica Ambiental**

Organizadores:

René Chávez

Luis Miguel Mitre

Salvador Belmonte

Carlos Flores Luna

GGA-1

## DISTRIBUCIÓN Y LIXIVIACIÓN A LARGO PLAZO DE ARSÉNICO EN SUELOS CON JALES

García Arreola María Elena, Flores Vélez Luisa Ma., Soriano Pérez Sonia Hortensia, Ríos González Virginia y Escobar Algarín Aaron

*Universidad Autónoma de San Luis Potosí*

maria.garcia@uaslp.mx

La actividad minera, durante las últimas décadas, ha ocasionado graves desastres ambientales de dimensiones importantes en distintos lugares del mundo. El área de estudio se encuentra en una zona minera de más de 200 años de operación y colinda con el poblado de Villa de la Paz, San Luis Potosí, México. En este estudio, se realizaron dos tipos de muestreo, en el primero se cavó una zanja tomando muestras a diferentes profundidades, para el segundo tipo de muestreo, se introdujeron columnas de acrílico directamente sobre el suelo. Se determinó la concentración total de As, su distribución mediante extracciones químicas y la lixiviación en columnas, además de aplicar el método de lixiviación indicado en la normatividad nacional para jales. Se encontró un mayor porcentaje de arsénico como residual, por lo que las especies de arsénico presentes podrían ser principalmente arsenopirita y tenantita. Se encontraron hasta 8 000 mg/kg de arsénico total en las muestras, de los cuales el mayor porcentaje encontrado en la lixiviación se atribuye a As residual, encontrándose también muestras con mayor porcentaje de oxidación indicando una mayor lixiviación del sitio. En las pruebas de lixiviación en columnas, indican una dinámica de solubilización lenta del As. De acuerdo con la normatividad mexicana en relación a los suelos, éstos serían considerados de riesgo para la salud, pero en relación a la normatividad de la toxicidad de los jales, las concentraciones de arsénico encontradas en los extractos serían considerados sin riesgo para la salud ya que son menores a 5 mg/L de As. Los estudios de lixiviación a largo plazo de acuerdo al Decreto Holandés de Materiales de Construcción (DBMD), establece un ensayo dinámico en el que se observa que a partir de un tiempo de 20 años, la lixiviación en las muestras rebasa los límites establecidos de 435 mg/m<sup>2</sup>. La contaminación asociada a la explotación minera de Villa de la Paz se hace patente al considerar las concentraciones de As encontradas en los suelos, debido a las reacciones de drenaje ácido de mina que se han llevado a cabo, las cuales se incrementan a mayor profundidad en la mayoría de los sitios. También se demuestra que el sitio de mayor riesgo no es el que contienen la mayor concentración de As total, sino que la muestra en la que se encontró menor concentración total de As, es considerada la más disponible debido a que contiene mayor cantidad de As soluble e intercambiable por lo que su potencial de riesgo se incrementa

GGA-2

## COMPORTAMIENTO GEOQUÍMICO DE ELEMENTOS TIERRAS RARAS (REE) EN LOS LIXIVIADOS ÁCIDOS DE LA MINA SANTA LUCÍA, CUBA Y EN AGUAS SUPERFICIALES DE LOS ARROYOS DEL ENTORNO

Romero Francisco Martín<sup>1</sup> y Prol Ledesma Rosa María<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Geología, UNAM*

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

fmrch@geologia.unam.mx

Este estudio se realizó en el tajo abandonado de la mina Santa Lucía, Cuba y en los residuos generados (terreros), donde se han generado lixiviados ácidos (pH = 2.5 – 2.7) con altas concentraciones de Fe (3071 mg/L) y Zn (1522 mg/L) y bajas concentraciones de elementos potencialmente tóxicos (EPT) como As, Cd, Pb, Hg, Se y Tl.

Se determinaron concentraciones de REE por ICP-MS en muestras de rocas y de sus lixiviados ácidos, agua y sedimentos de arroyos del entorno. En el agua del arroyo, dentro de la zona de influencia, el pH varía entre 2.5 y 2.8, indicando que han sido contaminadas por los lixiviados ácidos. Sin embargo, en el agua del arroyo -fuera de la zona influencia- el pH es de 6.4.

Las concentraciones de REE en las rocas varían entre 4.4 y 50.4 ppm y en sus lixiviados ácidos entre 0.0054 y 0.364 ppm, las cuales son superiores a las de las aguas contaminadas (0.0004 – 0.046 ppm). En las aguas no afectadas solamente fueron detectadas las concentraciones de REE ligeros (< 1.0 x 10<sup>-5</sup> – 2.8 x 10<sup>-5</sup> ppm) que son inferiores a las de los lixiviados ácidos y aguas contaminadas. Estos resultados indican que REE tienen un comportamiento similar a los EPT, ya que el medio ácido propicia la disolución de los minerales de la roca "fuente" de REE con la subsecuente transferencia a la fase acuosa.

El patrón de REE en las rocas (normalizados respecto a la condrita) exhibe una anomalía negativa de Eu, un enriquecimiento en REE ligeros y un empobrecimiento de REE pesados. Sin embargo en los lixiviados ácidos, el patrón de REE presenta una anomalía positiva de Eu, un enriquecimiento de REE intermedios y un empobrecimiento de REE pesados, lo que indica que estos últimos son menos móviles, ya que al tener un radio iónico más pequeño -una vez liberados- pueden sustituir fácilmente al Al<sup>3+</sup> en algunos minerales.

En el agua ácida del arroyo se produce una remoción de REE (0.0004 – 0.046 ppm), debido a la transferencia de REE a los sedimentos, donde podrían estar retenidos por procesos de sorción en minerales estables bajo condiciones ácidas. El enriquecimiento de REE en los sedimentos (0.05 – 12.31 ppm) fundamenta lo anterior. Considerando que REE tienen un comportamiento similar a los EPT, se puede inferir que estos sedimentos tienen capacidad para removerlos de la fase acuosa, lo que es importante desde el punto de vista ambiental ya que limita su movilidad.

Los patrones de REE de los sedimentos y aguas contaminadas exhiben una anomalía positiva de Eu, lo que es opuesto al patrón de REE de los lixiviados ácidos (fuente de contaminación). Esto parece indicar que en la zona de mezcla, la dilución podría estar contribuyendo al descenso de las concentraciones de REE en las aguas contaminadas.

Este estudio permite concluir que el comportamiento de REE en estos ambientes puede ser una herramienta útil para entender mejor los procesos geoquímicos que ocurren durante

la generación de drenaje ácido y la subsecuente movilización y retención de EPT.

GGA-3

### ESTUDIO AUDIOMAGNETOTELÚRICO EN UN DEPÓSITO DE DESECHOS SÓLIDOS URBANOS

Pamplona Pérez Uriel, Romo Jones José  
Manuel y Vázquez González Rogelio

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

upamplon@cicese.mx

El propósito de este trabajo es presentar los resultados obtenidos de un estudio geofísico en un sitio que fue utilizado para la disposición de desechos sólidos, con el objeto de determinar el espesor de los desechos acumulados. La prospección geofísica se realizó con el método audiomagnetotelúrico (AMT), utilizando campos electromagnéticos naturales en la banda de frecuencia de 10 Hz a 100 kHz y una fuente controlada en la banda de 800 Hz a 64 kHz. Como objetivo principal del trabajo se planteó la determinación del espesor de los desechos, y como segundo objetivo la identificación de la posible infiltración de lixiviados, los cuales pueden afectar seriamente el subsuelo y los acuíferos de la zona. Para cumplir con estos objetivos se registraron datos en 32 sitios distribuidos a lo largo de tres perfiles. Los datos observados se procesaron para calcular el determinante del tensor de impedancia, a partir del cual se estimaron resistividades aparentes y fases que fueron utilizadas en el proceso de inversión 2-D de cada uno de los perfiles. Las secciones geoeléctricas resultantes sugieren la presencia de horizontes conductores bien definidos (1-5 Ohm-m), asociados directamente a los desechos acumulados a lo largo de la vida del relleno, por otro lado, en los tres perfiles se presenta una anomalía resistiva (~100 Ohm-m) a una profundidad aproximada de 50 m, asociada posiblemente a la acumulación de gas atrapado bajo una barrera impermeable. En los tres perfiles se puede identificar de manera clara el espesor de los desechos, entre 80 y 100 m en la parte más profunda. En los perfiles orientados NW-SE, se observa una anomalía conductora (~10 Ohm-m) que se extiende con dirección SE asociada probablemente a infiltración de lixiviados en el subsuelo. Los resultados obtenidos mediante la aplicación del método AMT, muestran que es una herramienta útil en trabajos ambientales como es el caso de la detección de contaminantes producidos por lixiviados.

GGA-4

### ESTUDIO COOPERATIVO CON METODOS ELECTRICOS, POTENCIALES Y ELECTROMAGNETICOS APLICADOS A UN VERTEDERO DE DESECHOS URBANOS

Alatorre Zamora Miguel Angel<sup>1</sup>, Campos Enríquez José Oscar<sup>2</sup> y Belmonte Jiménez Salvador Isidro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Ingeniería Civil y  
Topografía, Universidad de Guadalajara*

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

<sup>3</sup>*Centro Interdisciplinario de Investigación  
para el Desarrollo Integral Regional, IPN*

alatorre2004@hotmail.com

Los estudios enfocados a problemas ambientales son en gran medida multidisciplinarios. En particular, los parámetros eléctricos se involucran directamente en el estudio de la contaminación provocada por la disposición de los desperdicios en sitios inadecuados.

Se han empleado Potencial Espontáneo (PE), tomografía resistiva y VLF en el vertedero de desechos caseros de Matatlán, Jalisco, con el objetivo de enriquecer y apoyar la información que se ha aportado mediante gravimetría y magnetometría.

Se adquirieron anomalías PE empleándose la técnica de gradientes sobre dos líneas de 150 y 200 metros, que se interpretaron mediante modelado directo y por inversión. El primero muestra la topografía y profundidad de un nivel freático de lixiviados, mientras que las técnicas de inversión señalan la extensión vertical y lateral de un flujo vertical.

Los datos de tomografía eléctrica fueron adquiridos con electrodos de potencial colocados cada diez metros, en arreglo tipo Wenner. Estos datos son interpretados mediante una técnica de optimización no lineal de mínimos cuadrados. Los valores de resistividades que parecen corresponder a acumulaciones de lixiviados ocurren entre 10 y 20 #m. El rango entre 20 y 100 #m correspondería al seno del vertedero, mientras que el basamento andesítico estaría representado por resistividades de entre 150 y 500 #m. En casi todas las secciones los lixiviados se acumulan de forma puntual, alcanzando la superficie del vertedero. La interpretación de secciones iso-resistivas propone dos características importantes en cuanto al comportamiento de los lixiviados: 1) la acumulación debida a un hundimiento del basamento al oeste y este del vertedero, y 2) la presencia de fallas que atraviesan el área de norte a sur y en sentido NW-SE.

Se realizaron dos levantamientos con un equipo VLF que accede a tres estaciones transmisoras. Se tomaron siete perfiles W-E y N-S partiendo del comportamiento de las componentes real e imaginaria, y se modelaron mediante la técnica de Karous-Hjelt. Este filtro se aplica con un filtro pasabajos dando como resultado una distribución vertical de densidades de corriente aparentes. Estas densidades representan zonas conductoras en el subsuelo. Así se modelan cuerpos en celdas que corresponden a fallas, parte del relleno y elevaciones del basamento. Aunque los errores de ajuste entre las curvas calculada y observada son relativamente altos, el comportamiento entre ambas anomalías es semejante. Los cuerpos, y en especial las fallas, concuerdan básicamente con la situación que muestran los modelos de tomografía resistiva.

Por medio de la gravimetría, magnetometría y tomografía eléctrica se han establecido las partes bajas y altas del basamento. Una gran porción del sector occidental constituye una



depresión. Las partes nor-occidental y oriental constituyen un alto estructural.

Basados en los resultados que arrojan los procesados se diseña un esquema integrado de estructuras propuestas como fallas. La congruencia mostrada por las técnicas potenciales, eléctricas y de VLF es bastante clara, ya que varias fallas coinciden en posición y tendencia aproximadas.

Este estudio demuestra la factibilidad de la aplicación de las cinco técnicas geofísicas a la caracterización del basamento de un vertedero de desechos urbanos ubicado en un ambiente volcánico.

GGA-5

**MAPEO DE GRANDES FRACTURAS QUE AFECTAN AL BASAMENTO DE UN VERTEDERO DE DESECHOS URBANOS AL OCCIDENTE DE MEXICO. EVALUACION DEL USO DE LA DECONVOLUCION DE EULER, DE LA SEÑAL ANALITICA Y DEL METODO MICROMAGNETICO**

Alatorre Zamora Miguel Angel<sup>1</sup>, Campos Enríquez José Oscar<sup>2</sup>, Chávez Segura René<sup>2</sup> y Belmonte Jiménez Salvador Isidro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Civil y Topografía, Universidad de Guadalajara

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

<sup>3</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, IPN

alatorre2004@hotmail.com

En este estudio reportamos la aplicación de la deconvolución de Euler, de la señal analítica y del análisis estadístico (método micromagnético) de lineamientos en mapas de gravedad y magnéticos para el estudio de la naturaleza de sistemas de fracturas que afectan al basamento andesítico del vertedero de desechos urbanos de Matatlán, al SE de Guadalajara, al occidente de México. Este vertedero está asentado sobre depósitos andesíticos y riolíticos, en un extremo occidental del cañón del Río Santiago.

Mediciones realizadas en afloramientos indican que los sistemas de fracturas que afectan al basamento tienen orientaciones medias N-S, N75-80E, N60-65W y N25-30W. El análisis cualitativo de los mapas de anomalías magnéticas y de gravedad revela la existencia de lineamientos con orientaciones similares (E-W, NW-SE y NE-SW).

La aplicación de análisis estadístico (método micromagnético) a las anomalías en los mapas magnéticos y de gravedad permitió establecer la presencia de poblaciones de lineamientos con orientaciones EW, N60-80E, N70-80W, N20-30W, N40-45E y N-S, N55-80E (máximo en N70E), N40-50E, N35-50W, N60-70W respectivamente. Así fue posible establecer la existencia de una correlación de buena a clara entre las orientaciones de las fracturas medidas y los lineamientos que caracterizan a las anomalías en los mapas gravimétricos y magnéticos.

Los resultados de la deconvolución de Euler apoyan la presencia de lineamientos con las anteriores orientaciones. Además, los resultados de la señal analítica confirman la presencia de tendencias estructurales similares a las obtenidas con la deconvolución de Euler y el método micromagnético. Este último fue aplicado a los datos magnéticos y de gravedad para calibrar los resultados tanto de la deconvolución de Euler como de la señal analítica. A su vez, los resultados del método micromagnético se calibraron con las mediciones de las fracturas.

La naturaleza como falla o fractura de estos lineamientos fue confirmada finalmente por modelado directo 2-D cooperativo de perfiles de gravedad y magnéticos. Las estructuras inferidas de estos resultados se podrían asociar con fallas tectónicas regionales, y hemos inferido que ellas pueden constituir conductos para la migración de lixiviados fuera del depósito, dando lugar a la contaminación del ambiente circundante. Así, se puede explicar la presencia de una cascada de lixiviados al NE del sitio.

La mayoría de los estudios de carácter ambiental (e.g., de vertederos de desperdicios) se basan principalmente en métodos eléctricos, electromagnéticos y/o sísmicos. La gravimetría y magnetometría han sido escasamente aplicadas en tópicos de geofísica ambiental. Sin embargo, métodos magnéticos y de gravedad no convencionales en situaciones geológicas específicas, pueden ser muy útiles para estudiar depósitos de desechos urbanos.

GGA-6

**ESTUDIO DE UNA PLUMA CONTAMINANTE PRODUCIDA POR LIXIVIADOS, UTILIZANDO MÉTODOS GEOELÉCTRICOS**

Belmonte Jiménez Salvador Isidro, Jiménez Castañeda Martha Elena y Bortolotti Villalobos Alberto

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, IPN

sbelmont@prodigy.net.mx

La exploración eléctrica se fundamenta en el estudio de las variaciones de la resistividad eléctrica del subsuelo permitiendo obtener información sobre su estructura y composición de manera rápida, no destructiva y económica. En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación del arreglo dipolo-dipolo y sondeos eléctricos verticales (SEV) en un sitio afectado por lixiviados provenientes del tiradero municipal de la ciudad de Oaxaca. El arreglo dipolo-dipolo es sensible a variaciones laterales de resistividad, por lo que se utilizó para determinar zonas anómalas relacionadas con la presencia de lixiviados. Para estimar el espesor de la zona no saturada (ZNS) se realizaron sondeos eléctricos verticales (SEVs) cuya interpretación permitió definir una zona de baja resistividad coincidente con el área detectada por los perfiles dipolares. Esta zona puede asociarse con fracturas que permiten la circulación de los lixiviados hacia el lecho rocoso sin afectar el acuífero libre existente en el valle.

En general los perfiles dipolares y los sondeos eléctricos verticales aplicados a un mismo problema han dado buenos resultados para determinar los límites laterales y la profundidad de la pluma contaminante.

## GGA-7 CARTEL

**RELACION URANIO-AGUA EN CIUDAD ALDAMA, MEXICO**

Villalba María de Lourdes<sup>1</sup>, Yssa Guzmán Luis<sup>1</sup>, Pinales Munguía Adán<sup>1</sup>, Royo Ochoa Miguel<sup>1</sup>, Chávez Aguirre Rafael<sup>1</sup>, Colmenero Sujo Luis<sup>2 y 3</sup>, Mireles Fernando<sup>4</sup> y Dávila Ignacio<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Chihuahua

<sup>3</sup>Facultad de Enfermería, UACH

<sup>4</sup>Centro Regional de Estudios Nucleares, UAZ

mvillalb@uach.mx

El descubrimiento de minerales uraníferos en el estado de Chihuahua, México, y concretamente en la Sierra Peña Blanca, se inicia a partir del año 1928, cuando en la localidad aurífera de Placer de Guadalupe, se identificó uraninita asociada con el oro de placer, siendo éste sitio la primera localidad mexicana en la que se determinó dicho mineral radiactivo. La población de Placer de Guadalupe, se localiza el valle de Aldama, en el cual, durante los años 1958 y 1964, se descubrieron varias localidades uraníferas en calizas que desde entonces se definieron como representantes de los yacimientos de uranio más importantes de país, cuya exploración minera condujo a la definición de 2 minas notables: minas de Sierra de Gómez y El Calvario, ésta última localizada en la porción sur de la Sierra del Cuervo – Peña Blanca. Estos depósitos consisten en minerales secundarios de uranio en cuerpos irregulares de reemplazamiento a lo largo de fracturas, mantos y bolsas alojados en calizas del Cretácico Inferior, con base en los cuales se proyectó la instalación de la primera planta de beneficio de uranio del país, que se construyó en Villa Aldama, Chih.

Villalba y colaboradores (2005) han reportado en diferentes trabajos datos sobre el contenido de uranio en muestras de agua subterránea y superficial colectada en pozo y río de Ciudad Aldama. Mostrando concentraciones de uranio en algunas de ellas, mayores a los indicados por la Norma Oficial Mexicana. Por otra parte Colmenero-Sujo et al. (2004) determinaron la concentración de la serie 40K, 238U y 232Th en muestras de suelo colectadas en el área alrededor del poblado de Aldama, Chih. Indican alta actividad de 238U en el suelo, en algunos lugares, probablemente producto del proceso de concentración en la planta de beneficio.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar las causas naturales o antropogénicas de la presencia de uranio en el agua subterránea que abastece a ciudad Aldama, Municipio Aldama. Para ello se analizará y definirá el perímetro de la zona de estudio, se seleccionarán los pozos colindantes con la zona, se medirá el contenido de los isótopos radiactivos en las muestras de agua, se realizarán diversas pruebas para conocer las propiedades hidráulicas del medio, así como se realizará modelación matemática para predecir la evolución espacial y temporal del contaminante, obteniendo un diagnóstico real respecto a la relación uranio-agua.

## GGA-8 CARTEL

**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE HG TOTAL EN DIFERENTES USOS DEL SUELO AL SUR DE LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO**

Hernández Silva Gilberto<sup>1</sup>, Scharek Péter<sup>2</sup>, Bartha Andrés<sup>2</sup>, Solorio Munguía Gregorio<sup>1</sup>, Tullner Tibor<sup>2</sup>, Kristoff Daniel<sup>2</sup>, Solís Valdez Sara<sup>1</sup> y Vassallo Morales Luis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Geological Institute of Hungary

ghsilva@geociencias.unam.mx

Una característica del paisaje al sur de la Sierra Gorda, son sus múltiples bocaminas de mercurio. Se tienen registros arqueológicos que muestran que, desde el siglo IV de nuestra era, los habitantes de esta región, llevaban a cabo actividades mineras relacionadas con la explotación y manejo del cinabrio (HgS). A mediados del siglo pasado, la región surgió como la más importante productora a nivel nacional. Estos antecedentes dejaron una secuela de residuos expuestos a la intemperie. El mercurio persiste en el ambiente y en sitios contaminados, aún después de cientos o miles de años después que cesaron las operaciones de extracción. Los residuos de la minería se han intemperizado gradualmente y se han incorporado al ambiente mediante procesos de erosión, lixiviación, transporte, etc. En consecuencia, estas actividades mineras han liberado grandes cantidades de Hg, contaminando el agua, suelo, biota y atmósfera pudiendo ser ésta re-depositada en el entorno. Casi toda la producción de mercurio pasada y presente proviene de yacimientos de mercurio en forma de cinabrio (HgS). Con base en este historial, se plantean los objetivos: 1. Determinar la distribución espacial (mapeo) del Hg(t) en suelos, sedimentos y terreros y 2. Relacionar los diferentes usos del suelo con el contenido de Hg(t). La base de datos fue conformada por 102 sitios de muestreo georreferenciados. La concentración del mercurio fue determinada utilizando un equipo AMA-234, específico para el mercurio. Para establecer la relación entre los diferentes usos del suelo con los contenidos de mercurio se utilizó la prueba no-paramétrica ANOVA. Para determinar el modelo de dispersión del mercurio en los aproximadamente 300 km<sup>2</sup> del área de estudio, se utilizó el SIG ARCVIEW 8.1. Los usos del suelo que se tomaron en cuenta fueron: 1) Suelo en sitio prehispánico, 2) en vegetación secundaria, 3) forestal, 4) agrícola, 5) terrero + suelo, 6) terrero, 7) terrero tipo skarn, 8) sedimento, 9) mina moderna, 10) mina prehispánica, 11) mina prehispánica + moderna. El mapa muestra los diferentes rangos de concentración del Hg, señalando las zonas de mayor riesgo. Finalmente, se discute el contenido de mercurio total en función de los diferentes usos del suelo.

Apoyo PAPIIT: INI-116806

## GGA-9 CARTEL

**LA MINERALIZACIÓN DE MERCURIO (HG)  
EN LA SIERRA GORDA. CONTAMINACIÓN  
Y CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS EN LA  
REGIÓN DE SAN JOAQUÍN, QRO., MÉXICO**

Martínez Reyes Juventino, Mitre Salazar Luis Miguel,  
Hernández Silva Gilberto y Hinojo Alonso Norma Angélica

*Centro de Geociencias, UNAM*

jmr@geociencias.unam.mx

La explotación minera en la Sierra Gorda queretana ha sido enfocada esencialmente hacia los sulfuros y óxidos de plata, plomo, zinc, cobre, antimonio y mercurio; este último elemento especialmente en la región de San Joaquín desde épocas prehispánicas.

El mercurio es un elemento contaminante muy tóxico. Contamina suelos, plantas, agua y aire y sus efectos perduran por mucho tiempo. Es el caso de la región minera de San Joaquín donde los efectos nocivos en los seres humanos se conocen en osamentas de nuestros antepasados prehispánicos como en personas aún vivientes.

En la región de San Joaquín se ha implementado un proyecto multidisciplinario que enfoca la presencia de mercurio en las épocas prehispánica y moderna (Proyecto PAPIIT IN1116807) en donde se ha incluido el aspecto geológico; aquí presentamos los primeros resultados.

Los yacimientos de mercurio en nuestro país se localizan principalmente en los estados de San Luís Potosí, Querétaro y Guerrero. Los más importantes son los de la Sierra Gorda queretana, particularmente en la región de San Joaquín-Peñamiller, donde se han censado numerosas minas grandes y pequeñas, prehispánicas, coloniales y modernas. Actualmente la extracción del mercurio en esta región es prácticamente nula.

La geología de la región minera de San Joaquín se caracteriza por la presencia de formaciones marinas del Jurásico superior (F. Las Trancas, volcanosedimentaria, de ambiente de cuenca), del Cretácico inferior (F. El Doctor, carbonatada, de ambiente de plataforma y arrecifal, y las formaciones Tamaulipas y Cuesta del Cura sus equivalentes de talud y cuenca) y del Cretácico superior (F. Soyatal, calcáreo-terrigena, a de ambiente de cuenca). Estas formaciones fueron deformadas (plegadas) y levantadas (exhumadas) durante la Orogenia Laramide (Cretácico superior-Paleoceno), originando fallas de cabalgadura y grandes sistemas estructurales de anticlinales y sinclinales de orientación NW-SE. Después de los efectos de una tectónica distensiva terciaria de fallas normales se ha modelado un sistema montañoso abrupto cuyas cúspides rebasan los 3 000 metros de altitud. Esta actividad tectónica se manifiesta aún en nuestros días a través de la sismicidad registrada en la región.

La presencia de pequeños cuerpos intrusivos (granodioríticos, dioríticos y monzoníticos) es la manifestación de un magmatismo terciario en la región, el cual está relacionado directamente con la mineralización.

La mena principal del mercurio en la región de San Joaquín es el cinabrio (SHg). La mineralización se aloja indistintamente en todas las formaciones mesozoicas marinas. En esta región la mayoría de las minas, aunque no las más importantes, han sido desarrolladas en las formaciones carbonatadas del Cretácico inferior. Esto puede obedecer a que el factor geológico-geoquímico de control de los yacimientos sea de tipo sílice-carbonato. La mineralización aparece en vetas de tallas

diversas (relleno de fracturas y fallas) por lo que su factor estructural de control es tectónico.

La información geológica sobre los yacimientos de mercurio en la región de San Joaquín era prácticamente inexistente. La información sobre los efectos de contaminación del ambiente natural, social y de salud pública también eran casi desconocidos.

## GGA-10 CARTEL

**EL MANEJO REGIONAL DE LOS RESIDUOS  
SÓLIDOS EN EL ESTADO DE QUERÉTARO, MEXICO**

Mitre Salazar Luis Miguel<sup>1</sup>, Martínez Reyes  
Juventino<sup>1</sup> y Bayona Célis Armando<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Centro de Geociencias, UNAM*

<sup>2</sup>*Centro Queretano de Recursos Naturales*

lmitre@geociencias.unam.mx

Querétaro, como es bien sabido, es un estado muy dispar en cuanto a numerosas características físicas, socioeconómicas y de la infraestructura. Esto provoca que la problemática de los desechos, su recolección, confinamiento y reciclado, en su caso, revista diferencias importantes en cada una de sus regiones. Esta problemática se ha tratado de resolver por parte de los municipios en forma local y descoordinada, con la necesidad simplemente de cumplir con las diversas necesidades del servicio, así como con una normatividad que es uniforme y viene dictada en principio desde la Federación.

Lo anterior ha provocado el incumplimiento de la normatividad vigente en la gran mayoría de los 18 municipios y en consecuencia, representa importantes rezagos y riesgos para los habitantes de las comunidades y para el medio ambiente.

El escenario actual, obliga a lograr un cambio radical, que permita sumar esfuerzos a nivel de los municipios de cada región, con el apoyo y la coordinación de organismos estatales, hacia la sustitución de tiraderos pequeños y dispersos, por rellenos sanitarios de tamaño mayor, que se ubiquen sobre terrenos físicamente adecuados (que no se presentan en todos los municipios), en sitios que permitan el traslado económico de los desechos y cuya capacidad garantice su operación por periodos mucho más largos que los que se manejan hoy.

Para lograr esto, se deberá partir de un diagnóstico que tome en cuenta una serie de factores, de los que se enumeran abajo algunos de importancia fundamental.

La naturaleza de los terrenos:

- El relieve, la posición topográfica, la pendiente y la dinámica geomorfológica
- La posición del terreno en las cuencas hidrológicas
- Los factores climáticos y los balances de agua en cada caso
- Las corrientes y cuerpos de agua
- La presencia, extensión, profundidad y dinámica de los acuíferos
- El material geológico, su permeabilidad y grado de fracturamiento, la dinámica de las fallas y otras estructuras
- Los tipos del suelo, su permeabilidad, propensión a la erosión, inundación y contaminación
- Los ecosistemas presentes, su distribución, biodiversidad, fragilidad y estado actual

Factores socioeconómicos y de la geografía humana:

- La ubicación de las localidades y sus zonas de crecimiento
- La población y sus tendencias de cambio
- El uso del suelo
- La infraestructura vial, industrial y de servicios

Factores normativos, de gestión y operación:

- Localización y distribución de la generación de residuos y sus proyecciones
- Redes viales, distancias y tiempos de traslado
- Ordenamientos, planes de desarrollo a todos los niveles, programas específicos
- Costos y posibilidades de financiamiento y recuperación
- Tecnologías disponibles

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto FOMIX- QRO-2005-C01-15118. "Programa Maestro con Enfoque Regional e Intermunicipal para detener la creación de tiraderos de residuos a cielo abierto en todo el Estado".

#### GGA-11 CARTEL

### EVALUACION DE EROSION NATURAL DE LA CUENCA MEDIA Y ALTA DEL RÍO SONORA

Sámano Tirado Alma Patricia, Minjarez Sosa Ismael, Montijo González Alejandra, Sosa León Porfirio, De la O Villanueva Margarita y Meza Figueroa Diana María

*Departamento de Geología, Universidad de Sonora*

samano@geologia.uson.mx

La erosión en México es un problema alarmante, debido al empobrecimiento y pérdida de sus suelos. El suelo es necesario para la captación de aguas subterráneas, la reproducción de la vida silvestre (vegetal y animal) y la obtención de alimentos. Sonora es una entidad severamente afectada por la desertificación, debido al clima del estado, que determina una alta fragilidad en los suelos, así como la intervención inadecuada de la acción del hombre. Dentro de los distintos procesos de degradación de suelos que se manifiestan en la desertificación, la erosión es la más extendida, se calcula que casi la totalidad de la superficie del estado está afectada por procesos erosivos en diferentes niveles de gravedad.

En este trabajo se evalúa la erosión natural de la cuenca media y alta del río Sonora, utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS), incorporada a un Sistema de Información Geográfica (Arc View 3.2), para determinar erosión natural y potencial de una superficie de 21,197 km<sup>2</sup>. Del resultado del análisis de erosión actual se puede observar en las zonas montañosas los valores más altos que varían de 7.6 a 40 ton/ha/año, con una pérdida de erosión de suelo moderada, lo cual se atribuye principalmente al efecto de la vegetación, debido a que sin ésta, la pérdida de suelo rebasaría las 50 ton/ha/año, como se observa en el mapa de erosión potencial. Los valores más bajos oscilan entre 0 y 1 ton/ha/año, en las zonas topográficamente más bajas, entre Hermosillo y Benjamín Hill. La tasa media de erosión actual, varía entre 2.60-4.60 ton/ha/año y se presenta principalmente en la porción E del área, donde la geomorfología es moderada.

Haciendo un análisis comparativo entre los mapas de erosión potencial y erosión actual, se establece que la degradación del suelo es favorecida por el tipo de vegetación, el régimen de lluvias y la composición del suelo. La protección del suelo que ofrece la cubierta vegetal, para reducir la erosión, queda de manifiesto en los valores encontrados en los dos tipos de erosión, cuyos rangos máximos disminuyen de 50 a 40 ton/ha/año aproximadamente, aunque se trate de zonas con poca vegetación como la que existe en la cuenca, esta es significativa, pues la lámina de erosión de suelo disminuye 1 mm por año.

Al Aplicar la fórmula de la EUPS, se encontró que el factor de longitud y grado de pendiente (LS) es el que más influye en la estimación de la pérdida de suelo; de aquí podemos concluir que el 99.5% del área de estudio tiene una erosión tolerable, para suelos poco profundos de alta erosividad y sobre roca madre.

#### GGA-12 CARTEL

### HIGH-RESOLUTION SUB-BOTTOM PROFILING USING NONLINEAR ACOUSTICS: APPLICATION TO CERRO PRIETO DAM STUDY

Yutsis Vsevolod<sup>1</sup>, De León Gómez Héctor<sup>1</sup>, Levchenko Oleg<sup>2</sup>, Lowag Jens<sup>3</sup>, Krivosheya Konstantin<sup>1</sup>, Masuch Oesterreich Dirk<sup>1</sup>, Kotsarenko Anatoliy<sup>4</sup> y Izaguirre Váldez Fátima<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León

<sup>2</sup>P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Innomar Technologie GmbH, Rostock, Germany

<sup>4</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

vyutsis@fct.uanl.mx

Accordingly to the High Resolution Non Linear Acoustic Theory (HRNLA) the sound pulses directed to the seafloor and reflected at seafloor from sediment layer borders and objects. Echo strength depends on reflection coefficient, attenuation, and surface roughness. Resolution depends on beam width, and pulse length.

Advantages of HRNLA are: Narrow sound beam at small transducer sizes; Constant directivity for different frequencies; Short transmitting pulses without ringing; High pulse repetition rates possible; Mobile systems with very high spatial resolution.

Disadvantages HRNLA are: High transmitting power and high sound pressure are required; Low efficiency of generated differential signal (<5%).

Applications for Parametric Sub-bottom Profilers: Surveying of the morphology of the bottom surface and muddiness for dredging tasks and environmental investigations; Surveying of sediment structures (Route Surveys); Surveying in small and shallow waters like ports, gravel pits, harbour basins, flood gates, shore zones; Search for pipelines, cables, stones and archaeological objects like wrecks and historical buildings; Investigation of building sites like bridges and tunnels; Search for mineral resources (gravel, sand).

Cerro Prieto Dam, a small water reservoir in the NE Mexico, is characterized by very high velocity of recent sedimentation, high sub-bottom seepage and erosion, and as a result, nonlinear water balance. These phenomena were never studied since construction of the dam in the beginning of 1980's. So the goal of our work was to investigate the bottom topography and besides sub-bottom near surface structure using the parametric acoustical effect.

High-resolution sub-bottom profiling, using the Innomar SES-2000 compact echo sounder, was carried out in Cerro Prieto Dam during February-April of 2008. The survey was conducted onboard of a small motor boat. The SES transducer was mounted on the front side of the boat using light metal pipe, and all electronic equipment was installed on the deck. Accurate positioning of the boat was reached by GPS. Average speed was 8-10 km/h. Innomar's software tool ISE provides near real-time post-processing of the collected SES data and operation procedure could be corrected on-line. Acoustic signal ensured vertical resolution of 10-15 cm at acceptable penetration up to 15 m. Bathymetry map was compiled assuming average sound velocity of 1450 m/s.

The irregular bottom topography of Cerro Prieto water reservoir was discovered. The present elevation of the water surface is about 181 m above sea level, and the lake depth varies from 1-2 to 28 m.

The SES records show a distinct bottom layer of recent sediments by 0.5 - 4 m thickness which follows reservoir floor topography. Very specific acoustic anomalies, which seem to be related with gas sediments, are observed. The integrated SES, gravity, magnetic, and geoelectrical data interpretation allows assuming a series of the superficial fractures focused in a NW direction, perpendicular (NESW) to the general deep fault zone.

The authors would like to thank Universidad Autónoma de Nuevo León for funding support of the project PAICYT CT1705-07 and Innomar Technologie GmbH (Rostock, Germany), who kindly provided the SES-2000 compact equipment.

#### GGA-13 CARTEL

### MONITOREO MAGNÉTICO DE CONTAMINACIÓN DE SUELOS URBANOS EN LA CIUDAD DE MÉRIDA, YUCATÁN

Aguilar Reyes Bertha<sup>1</sup>, Bautista Francisco<sup>2</sup> y Gogichaishvili Avto<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM

baquilar@geofisica.unam.mx

La respuesta magnética de los materiales constituyentes de sedimentos y suelos es determinada y dominada por la fracción minoritaria de minerales magnéticos (ferrimagnéticos y antiferromagnéticos). Estos minerales son denominados portadores magnéticos y su señal magnética es detectable aun cuando la proporción en suelos generalmente no supera el 1%.

En el presente trabajo se ha realizado un estudio de diagnóstico para lo cual se ha empleado la medición de la susceptibilidad magnética en altas y bajas frecuencias, así como la magnetización isotérmica de saturación (MRIS) y la adquisición de magnetización isotérmica aplicando campos H reversos (MRI--300).

El mapeo de la susceptibilidad magnética es un método muy confiable para la estimación cualitativa de la contaminación antropogénica. Este parámetro magnético ha reflejado, bajo ciertas condiciones, la distribución de contaminación antropogénica debida a la deposición atmosférica de cenizas y partículas producto de combustión, así también como desechos sólidos metálicos. Distintos autores han examinado la eficacia de este método, aunque para resultados más cuantitativos se requiere de estudios detallados que involucren un conjunto más amplio de parámetros magnéticos relacionados con concentración y características de los portadores magnéticos.

#### GGA-14 CARTEL

### APLICACIÓN DE DOS MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS EN UN MEDIO FRACTURADO AFECTADO POR LIXIVIADOS, GENERADOS POR EL TIRADERO A CIELO ABIERTO DE LA CIUDAD DE OAXACA.

Belmonte Jiménez Salvador Isidro, Bortolotti Villalobos Alberto y Jiménez Castañeda Martha Elena

*Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, IPN*

sbelmont@prodigy.net.mx

Dentro de los problemas ambientales que sufren las ciudades son la inadecuada disposición final de los residuos sólidos, los cuales son depositados en tiraderos a cielo abierto y la Ciudad de Oaxaca no es la excepción, ya que sus residuos sólidos son depositados en un predio al aire libre, lo que ocasiona que el suelo, aire y principalmente las aguas subterráneas se puedan contaminar por los lixiviados que ahí se generan y se infiltran en el subsuelo. La situación se agrava si consideramos que los asentamientos humanos cerca de este basurero son cada vez más, incluso las viviendas ya se encuentran en sus periferias, lo cual es un riesgo para la salud humana. Se presentan resultados al explorar los lixiviados que están siendo generados por el tiradero a cielo abierto utilizando dos métodos geofísicos; bobinas electromagnéticas (EM) y Very Low Frequency (VLF), ubicado en un medio fracturado.

Se realizaron seis perfiles en la zona del tiradero en dos periodos distintos con un intervalo de 6 meses, las estaciones fueron a cada 5 m con longitudes de 325 m, 300 m, 645 m, 275 m, 415 m respectivamente para los perfiles 1,2, 3, 4, 5 y 6. Los datos obtenidos se procesaron utilizando modelos en 2D los cuales se representan a través de imágenes de contorno donde se muestran las conductividades aparentes para el caso de bobinas y de densidad de corriente para el caso de VLF, las cuales arrojaron resultados razonables donde se pudo inferir las zonas afectadas por la infiltración de lixiviados.

Sesión Regular

# **Geomagnetismo y Paleomagnetismo**

Organizador:

Luis Manuel Alva Valdivia

## GEOPAL-1

### ESTUDIO PALEOMAGNETICO DE LA DEFORMACION MIOCENICA DE LA REGION DEL CAMPO VOLCANICO DE CAMARGO CHIHUAHUA

Wogau Chong Kurt Heinrich, Böhnel  
Harald y Aranda Gómez José Jorge

*Centro de Geociencias, UNAM*

kurt\_heinrich@hotmail.com

Al este del estado de Chihuahua, cerca del campo volcánico de Camargo, aflora una secuencia volcánica, que forma la "Sierra de Aguachile". La secuencia volcánica de la Sierra de Aguachile pertenece al Grupo Agua Mayo y se cree que esta descansa discordantemente sobre unidades calcáreas mesozoicas que están expuestas en las sierras El Diablo, San Francisco y El Amagre. Este grupo volcánico está formado principalmente por 21 unidades litoestratigráficas. Se cree que esta secuencia volcánica se encuentra plegada por la tercera reactivación de la falla de "San Marcos" que generó sinclinales suaves hace 14.5 a 5 millones de años a causa de una componente lateral izquierdo post Laramida.

Los estudios paleomagnéticos de la zona tendrán como objetivo principal determinar si los pliegues observados, en las rocas volcánicas de la sierra de Aguachile fueron posteriores a su formación. Para esto se utilizará el método de "la prueba de pliegue" que consiste en obtener la magnetización característica de las rocas volcánicas. Si esta magnetización converge al aplicarle la corrección estructural, se puede decir que ha pasado la prueba de pliegue.

Para alcanzar este objetivo propuesto, se revisó el mapa geológico-estructural de la zona y la estratigrafía descrita. En base en las observaciones de campo realizadas, se decidió que la unidad base a estudiar sería la "ignimbrita Vallecitos" que corona a la Sierra de Aguachile. Esta unidad es una toba riolítica parcialmente soldada que fue fechada en  $31.3 \pm 0.7$  Ma por el método K-Ar y que se conoce como la unidad TRt2 del .El trabajo de campo consiste en la selección de sitios para muestrear, por medio de observación de fotografías aéreas y planos topográficos del área, en donde los echados y el estado de la roca sean óptimos para los trabajos paleomagnéticos y las mediciones estructurales requeridas.

Al encontrar el sitio ideal, el primer paso es identificar la roca para ver si esta es la unidad seleccionada. En este caso se realizan mediciones de rumbos y echados en los planos presentes, tantas como sean posibles para disminuir el error. Estas mediciones se pueden complicar por la forma irregular de los planos y inaccesibilidad de los sitios a medir. Después se perfora el mayor número de núcleos posible, para obtener más información confiable. Los núcleos son marcados y orientados y se realiza un bosquejo del sitio. Después las muestras serán tratadas en laboratorio, para la obtención de la susceptibilidad magnética y la magnetización remanente natural, seguido de la desmagnetización por pasos y la obtención de la magnetización característica. Finalmente se aplicará la corrección estructural para establecer la paleohorizontal e aplicar la prueba de pliegue interpretar los datos obtenidos.

## GEOPAL-2

### 11 MA OF IGNEOUS ACTIVITY IN THE TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT: GEOMAGNETIC IMPLICATIONS

Ruiz Martínez Vicente Carlos y Gogichaishvili Avto

*Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, UNAM*

avto@geofisica.unam.mx

The Trans Mexican Volcanic Belt (TMVB) which crosses central Mexico from the Pacific Ocean to the Gulf of Mexico, is characterized by almost continuous volcanic activities. Many paleomagnetic studies were devoted to TMVB since early seventies. Here, a compilation of selected Late Miocene to Quaternary site-mean directions are reported and analyzed. The tectonic stability is tested against the age in terms of vertical axis block rotations. The mean pole positions obtained for Late Miocene, Pliocene and Quaternary hardly differ from the reference poles. Paleosecular variation is analyzed for three intervals: Brunhes-Matuyama, Gauss-Gilbert and Late Miocene. Mean declination and inclination is compatible with the Geocentric Axial Dipole (GAD) hypothesis. Virtual geomagnetic pole dispersion increase systematically with age and is consistent with PSVL model 'G'.

## GEOPAL-3

### MAGNETIC HISTORY OF JORULLO VOLCANO (THE MICHOCAN GUANAJUATO VOLCANIC FIELD)

Valencia Pintor Genarro<sup>1</sup>, Gogichaishvili

Avto<sup>1</sup> y Garduño Monroy Victor Hugo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, UNAM*

<sup>2</sup>*Departamento de Geología y Mineralogía, UMSNH*

avto@geofisica.unam.mx

Jorullo is a monogenetic cinder-cone volcano situated in the Michoacán-Guanajuato volcanic field (101° 43' W, 18°, 58' S), one of only two historically active volcanoes in the area (the other being Parícutin volcano). Jorullo was formed on the 29th September 1759 and ceased activity in 1774. The volume of magma is estimated at 2 Km<sup>3</sup>. Three stages of lava eruption (early, middle and late) are identified. As part of the efforts to study the details of the volcanic activity on the region, we analyzed the most accessible and freshest lava flow of Jorullo volcano which is from the early stage of lava evolution. All lavas studied yielded K-Ar or Ar dates which helped to establish an updated magnetostratigraphy.

## GEOPAL-4

**PALEOMAGNETISM OF PLIO-QUATERNARY  
LAVA FLOWS NEAR TO TEPETILIC VOLCANO**

Franco Garces Héctor Alejandro<sup>1</sup>, Gogichaishvili  
Avto<sup>1</sup>, Rosas Elguera José<sup>2</sup> y Soto Ruth<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, UNAM

<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara

<sup>3</sup>Universidad de Zaragoza, España

avto@geofisica.unam.mx

A rock-magnetic, paleomagnetic and magnetostratigraphic study was carried out on Plio-Quaternary volcanic formations near to Tepetiltic volcano (Nayarit, Mexico). Rock-magnetic experiments show that remanence is carried in most cases by Ti-poor titanomagnetite, resulting of oxy-exsolution of original titanomagnetite during the initial flow cooling. Single-component, linear demagnetization plots were observed in most cases. The mean paleodirection obtained in this study is  $I=34.6\phi X$ ,  $D=359.1\phi X$ ,  $k=114$ ,  $fN95=3.6\phi X$ ,  $N=11$ . This mean direction is in agreement with the expected paleodirections for the Late Miocene, as derived from reference poles for the North American plate. These results suggest that no major tectonic deformation occurred in the area since about 5 Ma. Combining the available geochronologic data with the magnetic polarity, a better constraints of the age of emplacement are achieved.

## GEOPAL-5

**PALEOMAGNETISMO DE ROCAS MIOCÉNICAS  
EN EL ÁREA DE CHALCATZINGO,  
MORELOS: UNA REEVALUACIÓN**

Vázquez Duarte Alma Cristina<sup>1</sup>, Böhnel Harald<sup>1</sup> y Yutsis Vsevolod<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

avvazquez@geociencias.unam.mx

El Paleomagnetismo es la disciplina que, enmarcada dentro del Geomagnetismo, se encarga del estudio del Campo Magnético de la Tierra en el pasado. El hecho de que se pueda estudiar el pasado de un campo potencial, se debe a que el campo geomagnético al contrario de otros campos, como el gravitatorio, puede quedar grabado en las rocas a través de varios procesos físico-químicos. Ello ha hecho posible permitir una mejor comprensión de los mecanismos de generación del campo geomagnético de origen interno y sus características. El registro de una roca adquirido durante su origen puede ser modificado durante su historia geológica, de manera que la magnetización remanente natural (NRM), que se observa hoy en día, se compone de la TRM/DRM y magnetizaciones adicionales sobrepuestas posteriormente (Butler, 1998). Para poder analizar y medir la magnetización original de las rocas, se aplican métodos de desmagnetización, entre las más utilizadas se encuentran la desmagnetización por Campos Alternos (AF) y la Desmagnetización Térmica (TD). El método paleomagnético se aplica a la tectónica, arqueología, biomagnetismo, etc.

El trabajo se desarrollará en flujos de lava que pertenecen al Grupo Volcánico Tepexco, así como en cuerpos que pertenecen al Conjunto de Domos de Chalcatzingo; ambas rocas de edad Mioceno. En esta área se ha realizado un trabajo previo (Urrutia-Fucugauchi, 1980), en el que las direcciones

paleomagnéticas apuntan alrededor de  $50^\circ$  al W de las direcciones del campo magnético estimadas para el Mioceno y el Terciario Medio en el área. Aquí se compararán los datos obtenidos con los de Urrutia-Fucugauchi (1980) para corregir las rotaciones propuestas para bloques corticales; de igual manera, se determinará una paleodirección confiable y precisa para este campo. Este resultado se utilizará para ser comparado con la dirección esperada en el área y así poder hacer su interpretación tectónica.

Palabras Clave: paleomagnetismo, remanente, tectónica, rotación. Key Words: paleomagnetism, remanent, tectonic, rotation.

## Referencias

- Butler, R., 1998, Paleomagnetism: Magnetic domains to geologic terranes. Electronic edition, pp.- 237.
- Hasenaka, T., Carmichael, I., 1985, The cinder cones of Michoacán-Guanajuato, Central Mexico: their age, volume and distribution, and magma discharge rate. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 25, 105-124.
- Molina, R., Böhnel, H., Hernandez, T., 2003, Paleomagnetism of the Cretaceous Morelos and Mezcala Formations, southern Mexico. *Tectonophysics*, 361, 301-317.
- Urrutia-Fucugauchi, J., 1980, Paleomagnetism of the Miocene Jantetelco Granodiorites and Tepexco Volcanic Group and inferences for crustal block rotations in central México. *Tectonophysics*, 76, pp. 149 – 168.
- Urrutia-Fucugauchi, J., Böhnel, H., 1987, Comments on "Tectonic interpretation of the Trans-Mexico Volcanic Belt" by D.H. Shurbet and S.E. Cebull. *Tectonophysics*, 138, 319-323.
- Urrutia-Fucugauchi, J., and Böhnel, H., 1988, Tectonics along the Trans-Mexican Volcanic Belt according to paleomagnetic data. *Phys. Earth Planet. Inter.* 52, 320-329.
- www.agico.com
- www.ascsci.com/pcat.html
- www.geomag.bgs.ac.uk

## GEOPAL-6

**COMBINED PALEOMAGNETIC AND PETROMAGNETIC  
STUDY OF OLIGOCENE DYKE SWARMS FROM  
TECALITLAN AREA: IMPLICATIONS FOR RELATIVE  
MOTION OF JALISCO AND MICHOCAN BLOCKS**

Aguilar Reyes Bertha<sup>1</sup>, Rosas Elguera José<sup>2</sup>,  
Gogichaishvili Avto<sup>1</sup> y Alva Valdivia Luis M.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara

baguilar@geofisica.unam.mx

Results of detailed paleomagnetic studies from Tecalitlan area are reported. Sixteen sites (about 140 oriented samples) were collected including one Ar-Ar dated ignimbrite. Rock-magnetic experiments permitted identification of the magnetic carriers and assessment of the paleomagnetic stability. Continuous susceptibility measurements vs temperature in most cases yield reasonably reversible curves with Curie points close to that of magnetite. Judging from the ratios of hysteresis parameters, all samples appear to fall in the pseudo-single domain grain-size region, probably indicating a mixture of multi-domain



and a significant amount of single-domain grains. Reliable paleomagnetic directions were obtained for 14 sites. The mean inclination is in reasonably good agreement with the expected value, as derived from reference poles for the stable North America. Declination is significantly different from that expected which may suggest a significant counterclockwise tectonic rotation.

## GEOPAL-7

### ESTUDIO PRELIMINAR DE LA PALEOINTENSIDAD DE ROCAS VOLCÁNICAS DEL MIOCENO SUPERIOR Y PLEOCENO DEL SUDESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Calvo Rathert Manuel<sup>1</sup> y Gogichaishvili Avto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Paleomagnetismo, Universidad de Burgos, España

<sup>2</sup>Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, UNAM

mcalvo@ubu.es

Se lograron determinaciones satisfactorias en 43 de las 90 muestras estudiadas. Estas 43 muestras pertenecen sólo a 7 de los 13 afloramientos analizados. Se trata de rocas calcoalcalinas y lamproíticas, por lo cual las rocas basálticas alcalinas y calcoalcalinas potásicas de esta región han resultado ser poco adecuadas para este tipo de determinaciones. En comparación, la intensidad del campo magnético actual en la región de estudio tiene un valor de 44  $\mu$ T. Mientras que en tres sitios se obtienen paleointensidades con valores entre los 30 y 40  $\mu$ T, cabe destacar los valores extremadamente bajos que se obtienen en sitios G15, G21, M4 y M6. Sin embargo, únicamente las direcciones paleomagnéticas anómalas de M4 y G15 podrían corresponder a una transición de polaridad. Es posible, por tanto, que la paleointensidad obtenida en G21 y M6 no reflejen la intensidad verdadera del campo. El origen de estos resultados anómalos podría radicar en que la remanencia de estas muestras no fuese una termorremanencia (TRM) sino una termorremanencia química (TCRM), lo que puede llevar a determinaciones de la paleointensidad con valores excesivamente bajos.

## GEOPAL-8

### PALEOINTENSIDADES EN FLUJOS DE LAVA HISTÓRICOS

Böhnel Harald<sup>1</sup>, Michalk Daniel<sup>2</sup>,  
Dekkers Mark<sup>3</sup> y Herrero Bervera Emilio<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Geoforschungszentrum Potsdam, Alemania

<sup>3</sup>Utrecht University, Holanda

<sup>4</sup>Hawaii Institute for Geophysics

hboehnel@geociencias.unam.mx

Flujos de lava de erupciones históricas de México, Islandia y Hawaii fueron estudiados utilizando diferentes métodos para obtener paleointensidades, como son los del tipo Thellier, microondas y el método "multispecimen parallel differential pTR" propuesto recientemente por Dekkers&Böhnel. Se comparan los resultados obtenidos, y en particular se analiza como el método de Dekkers/Böhnel puede contribuir a la obtención de datos de paleointensidad confiables.

## GEOPAL-9

### PALEOSECULAR VARIATION OF EARTH'S MAGNETIC FIELD DURING EARLY CRETACEOUS : FURTHER PALEOMAGNETIC RESULTS FROM PARANÁ MAGMATIC PROVINCE

Servantes Solano Miguel Angel<sup>1</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>1</sup>,  
Trindade Ricardo<sup>2</sup>, Morales Juan<sup>1</sup> y Aguilar Reyes Bertha<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Laboratorio de Paleomagnetismo, Universidad de Sao Paulo, Brasil

avto@geofisica.unam.mx

The Early Cretaceous age (~132-133 Ma) of the Paraná Magmatic Province (PMP) coincides with the period in the Earth's history of major geodynamic changes when several large igneous provinces (LIPs), similar to the PMP, were formed. The Paraná Magmatic Province has been the subject of extensive paleomagnetic studies yielding a large database of paleomagnetic directions. However, available data are not straightforward as the poor exposure makes it impossible to define paleo-horizontal and it is therefore difficult to assess possible tectonic tilting and its influence on the paleomagnetic poles and paleosecular variation estimates. In this study, we present new detailed rock-magnetic and paleomagnetic directional data from 31 lavas sampled at two lava sequences (Urubici with 11 consecutive lavas and Rio de Rastro with 20 consecutive flows). We compile our results together with previously published ones and their possible connection to true polar wander and paleosecular variation.

## GEOPAL-10

### ROCK-MAGNETIC PROPERTIES OF AR-AR DATED LAVA FLOWS FROM TANCITARO VOLCANO, THE MICHOACAN GUANAJUATO VOLCANIC FIELD

Maciel Peña Rafael<sup>1</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>1</sup>, Garduño Monroy Víctor Hugo<sup>2</sup>, Aguilar Reyes Bertha<sup>1</sup> y Ruiz Martínez Vicente Carlos<sup>1 y 3</sup>

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

<sup>2</sup>Departamento de Geología y Mineralogía, UMSNH

<sup>3</sup>Universidad Complutense de Madrid, España

avto@geofisica.unam.mx

The eruptive history of the Tancitaro volcano and surrounding areas was recently obtained by Ownby et al. (2007). These sites were dated by means of state-of-the-art 40Ar-39Ar geochronological method and span from 1075 ka to present. Our sampling strategy was largely conditioned by this study. We sampled eleven fresh, apparently not altered outcrops out of 26 sites reported. In most samples a single and stable component of magnetization was observed upon alternating field treatment. A generally minor secondary component, probably a viscous overprint from the recent field, was present but was easily removed. The median destructive fields (MDF) range mostly in the 40-50 mT interval, suggesting the existence of small pseudo-single grains as remanence carriers. Low-field continuous susceptibility measurements performed in air on the samples belonging to the same site show the presence of a single ferrimagnetic phase with Curie point compatible with Ti-poor titanomagnetite. The cooling and heating curves are reasonably reversible. Polished section observations under microscope also confirmed the presence of a near-magnetite phase associated with exsolved ilmenite of trellis or sometimes

sandwich texture. Hysteresis measurements at room temperature using an AGFM-Micromag apparatus were made on a small chip from the same core as the samples used during continuous thermomagnetic measurements. These experiments were carried out in fields of up to 1 Tesla. Isothermal remanent magnetization curves show that saturation is reached in moderate fields of the order of 100-200 mT, which points to a spinel phase as remanence carrier. Judging from the ratios of hysteresis parameters, it seems that the samples fall in the 'small' pseudo-single-domain grain size. This probably indicates a mixture of multidomain and a significant amount of single-domain grains.

GEOPAL-11

### **A PRELIMINARY MAGNETOSTRATIGRAPHIC STUDY OF THE LATE OLIGOCENE AMBER SITE FROM SIMOJOVEL (CHIAPAS, MEXICO)**

Mouloud Benammi<sup>1</sup>, Montellano Ballesteros Marisol<sup>2</sup> y Jaeger Jean Jacques<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>*IPHEP, UMR CNRS 6046 - Bât Sci. Naturelle, 40 av. Recteur Pineau - F86022 POITIERS*

mbenammi@univ-poitiers.fr

Ambers and other fossilized natural tree resins are common, documented in hundreds of Upper Paleozoic to Recent localities from around the globe. Most of these amber-bearing deposits are restricted to the Northern Hemisphere, and a little number is known in the southern Hemisphere. In Mexico, the amber was found in the central depression of Chiapas in two localities: Totolapa and Simojovel. The Simojovel mines are the famous ones in point of view of the inclusions, and in exceptional cases, the amber can entomb pollen or delicate and soft-bodied organisms that are poorly sampled or absent in the fossil record. Here we report on a preliminary magnetostratigraphic study of the Late Oligocene La Quinta Formation near Simojovel village where the amber is extracted. The samples were taken on the 63 m exposure section of limestone, sandstone with lenses of lignite and lignitic sandstone. Constrained by the faunal age and Strontium dating, the observed five polarities can be correlated with chrons C7n.2n and C6Cn.3n of the GPTS. This study assigns the age of the section to the interval between 23 and 24 Ma, this age is younger than that proposed by the previous study.

GEOPAL-12

### **ANÁLISIS PRELIMINAR DE PROPIEDADES DE MAGNETISMO DE ROCAS EN SECUENCIAS DE SUELOS VOLCÁNICOS MODERNOS**

Rivas Jorge<sup>1</sup>, Ortega Beatriz<sup>1</sup>, Solleiro Rebolledo Elizabeth<sup>2</sup> y Sedov Sergey<sup>2</sup>

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

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

ortiz

La rapidez, confiabilidad, bajos costos y su carácter no destructivo sobre otros métodos, son solo algunos de los factores que han permitido consolidar y diversificar el análisis de los parámetros de magnetismo de rocas como herramienta en

registros climático-ambientales, incorporándose recientemente a las investigaciones de sedimentos lacustres, arqueológicos, contaminación y de suelos que se desarrollan en el país. La importancia de estudiar al suelo recae en la valiosa información que éste aporta sobre las condiciones ambientales que prevalecieron durante su formación y desarrollo. Son los cambios en su entorno (temperatura y precipitación, entre otros) los principales factores responsables de controlar una compleja interacción de procesos pedogenéticos que ocurren dentro del suelo. Los efectos de dichos procesos (transformaciones físico-químico-biológicas de los componentes del suelo), quedan preservados dentro de sus horizontes, y es lo que a la postre regulará la evolución que puede alcanzar el suelo de una región. El estudio comprende el análisis de propiedades físicas (color, estructura, p.ej), químicas (pH), de magnetismo de rocas (mineralogía magnética, concentración, tamaño y dureza) además de observaciones al microscopio. El análisis se está realizando en secuencias de suelos volcánicos modernos distribuidos a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana, abarcando diferentes regímenes de precipitación y temperatura, así como por tener diferentes grados de evolución edafológica. Los resultados obtenidos hasta el momento, son consistentes y presentan una estrecha correlación entre sí. Reflejan un comportamiento propio y característico para cada localidad que permite agruparlos de acuerdo al grado de evolución. A diferencia de trabajos previos, caracterizados por mostrar bajos valores en los perfiles magnéticos (x, p.ej.), hay secciones que presentan un comportamiento como el de las secuencias de loess-paleosuelos (altos valores en superficie y bajos a profundidad). Esto sugiere la importancia de la compleja interacción de factores formadores de suelo y los procesos pedogenéticos en la evolución de los suelos volcánicos. No obstante el desarrollo que presenta el suelo, los cambios más abruptos en los perfiles magnéticos continúan reflejando el cambio entre horizontes pedogénicos fundamentales.

GEOPAL-13

### **ANISOTROPÍA DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA DE LOS DEPÓSITOS DE EYECTA DE IMPACTO EN LOS NÚCLEOS DEL POZO YAXCOPOIL**

Velasco Villarreal Miriam y Urrutia Fucugauchi Jaime

*Instituto de Geofísica, UNAM*

fatima\_miriam@hotmail.com

El pozo Yaxcopoil-1 se localiza aproximadamente a 60km del centro de la estructura del Chicxulub. Tiene una profundidad de 1511 metros. Está conformado por 795m de rocas terciarias (calcareñas, limolitas carbonáceas), 100m de brecha suevita y roca fundida y 615m de rocas cretácicas, según Dressler et al (2003) y Tuchscherer et al (2004). La profundidad donde se encuentra la brecha de impacto comienza en los 795m y se extiende hasta los 895m de profundidad.

En un análisis inicial de la fábrica del eyecta, empleando la anisotropía de susceptibilidad magnética (AMS), se analizan los datos de susceptibilidad y parámetros de AMS con respecto a la posición estratigráfica de las unidades dentro de la secuencia de la brecha de impacto. El análisis muestra que la susceptibilidad varía entre 0 y 8000 unidades en el Sistema Internacional y se observa que es muy alta, mayor que en el pozo UNAM-5 y disminuye con la profundidad. También se observa una fábrica magnética que cambia en forma vertical de oblada a prolada a lo largo de los 100m de brecha suevita; el grado de anisotropía corregida varía entre 1 y 1.1 con algunos puntos dispersos,

sugiriendo un comportamiento parecido al de las rocas volcánicas y sedimentarias. Entre los 820 y 860m la magnetización natural remanente (NRM) inicial presenta un agrupamiento de los datos mientras que a partir de los 861m se observa dispersa y con algunas tendencias hasta los 890m. Con respecto a la Foliación y la Lineación, se observa que la primera está ligeramente más desarrollada que la segunda.

GEOPAL-14

### **NANOPARTÍCULAS DE MAGNETITA Y ORO NATIVO: INDICADORES DE UN AMBIENTE SEDIMENTARIO EXHALATIVO HIDROTHERMAL EN EL DEPOSITO DE PEÑA COLORADA, MÉXICO**

Rivas Sánchez María<sup>1</sup>, Alva Valdivia Luis M.<sup>1</sup>, Arenas Alatorre Jesus<sup>2</sup> y Ramos Molina Miguel Angel<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Consorcio Minero Benito Juárez Peña Colorada

mlrivass@hotmail.com

Se identificaron nanopartículas de magnetita y oro nativo con características mineralógicas y texturales distintivas que los sugieren como indicadores de los procesos genéticos de la mineralización, en un ambiente marino del tipo sedimentario exhalativo-hidrotermal (SEDEX). La magnetita (FeO# Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) formada por este proceso se presenta en dos formas texturales principales; 1) Magnetita intergranular formando agregados con berthierina de tamaños nano-micrométrico, 2) Magnetita en forma de esferas de tamaño nanométrico diseminada en berthierina. En ambos casos su ocurrencia textural y tamaño de grano son factores fundamentales que influyen en los análisis instrumentales. La caracterización mineralógica de la mena se efectuó por microscopía de polarización con luz transmitida y reflejada, microsonda electrónica de barrido con análisis multielemental y difracción de rayos X. La identificación y/o estudio cristalográfico de las nanopartículas de magnetita y oro nativo se realizó a través de microscopía electrónica de transmisión de alta resolución (HRTEM). Las nanopartículas de magnetita tienen forma esférica y tamaño de 2 a 14 nm, generalmente se presentan en agregados intergranulares sostenidos e incluidos en un mineral semiamorfo-arcilloso, llamado berthierina (Fe, Al)<sub>3</sub>(Si, Al)<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>. Las nanopartículas de oro menores que 5 nm están incluidas en sílice amorfa asociada a berthierina. La presencia de nanopartículas de magnetita provocó un comportamiento inusual en las respuestas obtenidas por análisis térmico diferencial, térmico gravimétrico (ATD-ATG) y por espectroscopia Mössbauer (MS), en sus propiedades físicas, químicas y magnéticas diferentes a la magnetita de tamaño micrométrico.

Los resultados permiten diferenciar en el depósito de Peña Colorada dos eventos hidrotermales principales causantes de la mineralización: 1) Soluciones hidrotermales ricas en hierro asociadas a un ambiente sedimentario exhalativo (SEDEX), 2) Hidrotermalismo epigenético, que ocurre cuando soluciones hidrotermales ocupan espacios abiertos en la roca huésped (brecha mineralizada). El evento sedimentario exhalativo produjo: 1) precipitación química a partir de soluciones hidrotermales (exhalitas) y 2) compactación y diagénesis en condiciones de reducción (pH > 7 y Eh bajo) favoreciendo la formación por nucleación de semiesferas de magnetita y oro nativo.

GEOPAL-15

### **PRIMERA VERSION COMPLETA DEL CAMPO MAGNETICO DE BAHIA DE BANDERAS**

Álvarez Béjar Román<sup>1</sup>, López Loera Héctor<sup>2</sup> y Arzate Flores Jorge<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM

<sup>2</sup>División de Geociencias Aplicadas, IPICYT

<sup>3</sup>Centro de Geociencias, UNAM

rab@leibniz.iimas.unam.mx

A pesar de que se tienen mediciones aeromagnéticas de todo el Bloque de Jalisco, en la zona de la Bahía de Banderas no hay datos de ese tipo. En un proyecto que se ha extendido a lo largo de cuatro años hemos venido midiendo el campo magnético en diferentes regiones de la superficie de la bahía. En 2007 hicimos un reporte de avance de las mediciones que llevábamos hasta entonces; la adquisición de datos continuó con la misma metodología y ahora reportamos el campo magnético en toda la bahía. Aunque las mediciones magnéticas que estamos reportando cubren ya toda la Bahía de Banderas, esta es una versión todavía preliminar, ya que hay áreas que requieren de mediciones adicionales para completar el cubrimiento con la misma densidad aproximada de puntos de medición; el número total de estaciones de medición actualmente es de 5345. No obstante, se pueden hacer ya algunas descripciones generales del campo magnético en la bahía. En primer lugar se observa que en la parte de la mitad occidental de la bahía hay un amplio bajo magnético. Llama la atención que este bajo se extiende desde las partes someras hasta las partes más profundas de esa región de la bahía, lo que sugiere que la fuente magnética que lo genera está asentada a profundidad, y que se confirma en las prolongaciones del campo hacia arriba a 500, 1000 y 2000 m. Dicho bajo magnético tiene forma elíptica y se encuentra al norte de la falla, o cañón de Banderas, prolongándose hacia el sur en una suerte de espolón que atraviesa la falla de Banderas y alcanza la costa de la bahía. Desde dicho bajo hacia el este el campo magnético sube en forma de escalones hasta llegar a un máximo magnético que se extiende a lo largo de la costa hacia el sur y hacia el norte, en forma de C invertida. Continuando hacia el este de la costa se llega al Valle de Banderas, que presenta otro bajo magnético. Hacia la parte norte de la bahía se manifiesta una secuencia de altos y bajos alternados que corren de este a oeste, entre la región de las islas Marietas y Punta Mita. Se presentan mapas con el campo magnético total, reducciones al polo y prolongaciones del campo hacia arriba.

GEOPAL-16

### **MAGNETIC ANOMALY MODELING OF THE JACUPIRANGA ALKALINE-CARBONATITIC COMPLEX, SOUTHERN BRAZIL**

Alva Valdivia Luis M.<sup>1</sup> y López Loera Héctor<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica

lalva@geofisica.unam.mx

Relatively high Q ratios ( $\approx 5$ ) for Jacupirangite-pyroxenite may indicate a thermo remanent magnetization (TRM) by the ore during post metamorphic cooling, however it can also be developed from chemical remanent magnetization (CRM). Rock magnetic properties suggests reasonably linear and stable

magnetic components most probably only two components of magnetizations with magnetite as the main magnetic phase. The magnetic anomaly analyses suggest tabular bodies of east-west general strike and one biggest body at the northern part of the area at least of 5x2 km size. All bodies are located in the same aeromagnetic domain of semi-ellipsoidal characteristics and general strike northeast-southwest. It is proposed that the anomalous zone is prolonged to the north and that the whole interest area for ore mineralization is probably extended roughly 8x4 km north-south direction. We modeled an N-S profile and the best fit corresponds to several large irregular tabular bodies. The most important mineralized bodies are located beneath the magnetic high extended to the north, supported by a gravimetric model, and other bodies located under the low magnetic and extended to the south. The ambiguity of the modelling processes has been fairly constrained decreasing the uncertainty of this process and hence being closer to the geological fact.

#### GEOPAL-17 CARTEL

### PALEOTEMPERATURA DE EMPLAZAMIENTO DE LA IGNIMBRITA PANALILLO, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Villalobos Noemi<sup>1</sup>, Alva Valdivia Luis M.<sup>2</sup>, Torres Hernández Ramón<sup>3</sup> y Caballero Miranda Cecilia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional

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

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de San Luis Potosí

noeviro20006@yahoo.com.mx

Los depósitos generados por vulcanismo explosivo con líticos abundantes, asociados a facies proximales de las ignimbritas, se han caracterizado como brechas líticas de rezago o co-ignimbritas que lateralmente, hacia facies intermedias, pasan a ser horizontes ricos en líticos e incluso a desaparecer en facies más distales. Cuando no puede seguirse lateralmente estos depósitos, y sus afloramientos son aislados, resulta difícil asociarlos con el cuerpo principal de la ignimbrita, sobre todo, cuando el componente juvenil (pómez) no tiene una variación sistemática (química o textural) de la base a la cima, que nos permita correlacionar dichas facies. Las estructuras y el aspecto general de los depósitos ricos en líticos son (algunas veces) semejantes a los de material volcánico removilizado (depósitos epiclásticos) y resulta difícil distinguir entre depósitos primarios emplazados a altas temperaturas y los emplazados a relativamente bajas temperaturas (por ejemplo, lahares y avalanchas gravitacionales). Por ejemplo, la presencia de pipas de regasificación, restos de plantas y de troncos de árboles carbonizados, y el efecto térmico del material caliente sobre los líticos incorporados, ponen en evidencia altas temperaturas de emplazamiento (Porreca, et al., 2008), pero estas evidencias no siempre son visibles en los depósitos volcánicos. La determinación de la temperatura de emplazamiento de los depósitos de origen volcánico se ha ensayado por técnicas paleomagnéticas con considerable éxito (Aramaki, y Akimoto, S.I., 1957; Hoblitt y Kellogg, 1979; McClelland et al., 2004; Perez-Torrado et al., 1994; Kent et al., 1981; Porreca et al., 2008). En este trabajo se pretende determinar la paleotemperatura de emplazamiento de la ignimbrita Panalillo Inferior en el Campo Volcánico de San Luis Potosí (CVSLP). Se analizaron las facies proximales ricas en líticos, en el Arroyo El Juachín, en las cuales se muestrearon núcleos de los líticos (desde 40 cm a poco menos de 10 cm) y la matriz que los engloba.

#### GEOPAL-18 CARTEL

### PALEOMAGNETISM AND GEOCHRONOLOGY STUDIES OF THE OLIGOCENE-MIOCENE ROCKS FROM THE SAN LUIS POTOSÍ VOLCANIC FIELD, MEXICO

Alva Valdivia Luis M.<sup>1</sup>, Torres Hernández Ramón<sup>2</sup>, Aguillon Robles Alfredo<sup>2</sup> y Bellón Hervé<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Université de Bretagne Occidentale, Brest, France

lalva@geofisica.unam.mx

Paleomagnetic and geochronologic studies of the Oligocene-Miocene volcanic units from the San Luis Potosí volcanic field in central Mexico was accomplished to constraint the emplacement mode and source vents of the Cantera ignimbrite and to set up the magnetostratigraphic record of all units. Two-hundred and one oriented standard paleomagnetic cores corresponding to twenty two different paleomagnetic sites were collected from all units. Rock-magnetic properties are characteristic for each unit, suggesting for example relatively homogeneous mineralogy of the Cantera ignimbrite. Isothermal remanence and continuous susceptibility-temperature experiments point to low to medium-Ti titanomagnetite as the main ferromagnetic mineral presumably resulted from oxy-exsolution processes during the initial flow cooling. Unblocking temperature and coercivity suggests pseudo-single domain magnetic grains for these (titano)magnetites. Thermal and alternating field demagnetizations show well defined univectorial magnetizations. Most sites present a mean direction with small angular dispersion. The overall mean direction (N=10, Dec=1.1jā, Inc=34.1jā, k=531 and IÅ95=2.1jā) is characterized by small angular dispersion and inclination close to dipolar value for the locality. Anisotropy of magnetic susceptibility lineation agrees with that geologically-inferred flow direction.

#### GEOPAL-19 CARTEL

### PALEOMAGNETISMO INTEGRAL Y GEOCROLOGÍA DEL CAMPO VOCÁNICO DE PALOMAS, CHIHUAHUA, MÉXICO

Sandoval Medrano Omar<sup>1</sup>, Alva Valdivia Luis M.<sup>2</sup> y Royo Ochoa Miguel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua

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

omar\_same@hotmail.com

El Campo Volcánico de Palomas se encuentra ubicado en la parte Noroccidental del estado de Chihuahua (252372 y 224460 E y 3495155, 3519659 N), en la Provincia Geológica de Chihuahua. Localmente la fisiografía de la zona esta dominada por numerosos conos de ceniza que se combinan con flujos de lava que en conjunto alcanzan una altitud que oscila entre los 1210 y 1460 msnm que son separados por extensos valles de relleno aluvial. La estratigrafía de la zona comprende en su parte inferior un grupo de andesitas de textura porfirítica de edad terciaria las cuales subyacen a los flujos de lavas de composición basáltica que junto con los conos de ceniza son predominantes en el Campo Volcánico de Palomas. Otro aspecto importante de la geología son diques también de composición basáltica los cuales convergen hacia los conos de ceniza. Se muestrearon 170 núcleos de 21 sitios con el objeto de efectuar un análisis paleomagnético integral y caracterizar el campo desde los puntos

de vista: direccional, de propiedades magnéticas, geocronológico y de paleointensidad.

#### GEOPAL-20 CARTEL

### CONSIDERACIONES SOBRE LA VARIACIÓN SECULAR Y EL MODELADO DEL CAMPO GEOMAGNÉTICO EN MÉXICO

Hernández Quintero Esteban y Campos Enríquez José Oscar

*Instituto de Geofísica, UNAM*

estebanh@geofisica.unam.mx

Se presenta un análisis de la variación secular del campo Geomagnético en sus componentes, desde 1952 a 1990; expresando la distribución del cambio anual en términos de una regresión cuadrática en términos de longitud y latitud.

A partir de 1952 los programas de exploración y adquisición de datos geomagnéticos se incrementaron, por esta razón fue posible estudiar un periodo de dos años en cierto número de estaciones en la República Mexicana.

A partir de estas variaciones puede estudiarse en primer lugar, el tiempo requerido para que existan cambios inusualmente cortos en el gradiente horizontal; y en segundo lugar puede presentarse especial atención a lo que se conoce como comportamiento episódico de las variaciones.

El propósito de este tipo de estudios no es estudiar las anomalías espaciales y sus cambios en el área de México; al compilar el mayor número de información disponible en las distintas expediciones y observatorios, se pueden conocer los cambios en el mayor sentido de la variación secular basándonos en los cambios de patrón en las cartas de distintas componentes o elementos magnéticos y su relación con el registro observado en la variación anual a partir de una red más global de observatorios.

En el presente trabajo, se observan tres periodos de estabilidad entre 1952-1959; 1964-1974, y 1974-1990. Se realiza un análisis cualitativo de la variación secular de los diferentes elementos del Campo Magnético.

Con base en los promedios mensuales de los elementos del campo geomagnético publicados por el Observatorio Geomagnético de Teoloyucan (Instituto de Geofísica-UNAM) se estableció la variación secular para F, D, I, y H.

El análisis cualitativo de los mapas de isoporos establecidos nos permite inferir que la variación secular presenta un patrón de cambios caracterizado por 3 etapas.

En las configuraciones analizadas de la variación secular de los diferentes elementos del campo magnético (D, I, H, F, X, Y, Z) observamos patrones que permanecen relativamente constantes dentro de estos tres periodos. En estos periodos los cambios son menores. La primera etapa comprende 1952, 1955 y 1959. La segunda etapa va de 1964 a 1974. La última etapa comprende 1979, 1984 y 1990.

Aun existe controversia en el origen de estos cambios. Su ocurrencia, distribución, y tiempo de evolución son algunos de los enigmas que no están plenamente descritos.

#### GEOPAL-21 CARTEL

### VERTICAL VARIATION OF ANISOTROPY OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY ALONG SINGLE BASALT FLOW PROFILES: RELATIONSHIP BETWEEN MAGNETIC FABRIC AND FLOW DYNAMICS, THE XITLE CASE

Caballero Miranda Cecilia<sup>1</sup>, Alva Valdivia Luis M.<sup>2</sup> y González Rangel José Antonio<sup>2</sup>

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

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

cecilia@geofisica.unam.mx

Anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) variations along three detailed profiles, of around 2000-year-old pahoehoe lava with well preserved flow structures from the Xitle volcano (Basin of Mexico) are presented. The 3 profiles are CU, RM and PC of 6.6 m, 5.0 m and 4.8 m thick, respectively. The average sampling interval is 12 to 20 cm. Number of specimens were 43 for CU, 75 for RM and 36 for PC profiles. Measurements were performed with a KLY2 appliance; a Minisep instrument was also used for measurement of CU and RM specimens, giving both instruments statistically comparable AMS results. Jelinek statistic was used for obtaining means of principal axes, SpheriStat software was used for performing density distribution analysis and as a plotting tool.

The k1-mean direction in each site parallel the local geologically inferred flow direction, these (Dec/Inc) are: CU = 204°/14°, RM = 236°/2°, and PC = 238°/8°. The k3-mean indicates nearly horizontal foliation at least in 2 sites, dipping in all cases toward flow source direction, these are: CU = 17°/63°, RM = 101°/85°, and PC = 22°/80°. AMS ellipsoids are mainly oblate and the average anisotropy degree is  $P_j = 1.03$  to 1.04.

The variation pattern observed along the 3 profiles show similar features. (a) the lower and non-vesicular part of the flow tend to show k1 axes imbricated with their inclinations against flow, similarly to sedimentary laminar flow fabrics. (b) In the upper and vesicular part of the flow, the k1 inclinations tend to point towards the flow direction suggesting denser flow dynamics. (c) Additionally, at cooling boundaries and at transition thin zones between vesicular and non-vesicular parts of the flow, the k1 axes are oriented normal to the flow direction, suggesting that differences in flow regime and density along different parts of the flow produced these distributions. Profile RM and PC show very well organized distribution of the features above described whereas profile CU is less well organized and has more scattered axes directions. We suggest that irregular flow conditions may have produced the more irregular AMS patterns in profile CU, which is supported by field observations. These results illustrate the applicability of AMS for interpreting flow directions but as well how the flow dynamics may affect the magnetic foliation imbrication.

## GEOPAL-22 CARTEL

**DETERMINACIÓN DE PALEOINTENSIDAD  
DE ROCAS VOLCÁNICAS DEL CAMPO  
VOLCÁNICO DE CAMARGO, MÉXICO**

Mariano Matías Fermin<sup>1</sup>, Alva Valdivia Luis M.<sup>1</sup>, Aranda  
Gómez José Jorge<sup>2</sup> y Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*Centro de Geociencias, UNAM*

mariano\_fermin@yahoo.com.mx

Reportamos resultados iniciales de paleointensidad en el Campo Volcánico de Camargo en Chihuahua (norte de México). El campo está formado por mas de 300 conos cineríticos y cubre un área de aproximadamente 20,000 kilómetros cuadrados. La ocurrencia de xenolitos provenientes del manto y corteza inferior en las rocas basáltico-alcálicas de La Olivina en el sector norte del campo sugiere velocidades altas de ascenso del magma. Este estudio se concentra en la determinación de paleointensidad de las lavas del campo cinerítico. Se reportan datos de mediciones de paleointensidad de 19 sitios cuya edad se determinó por isótopos de Ar-Ar, en rocas volcánicas concentradas en el periodo Plioceno-Pleistoceno (4.7-0.09 Ma). Se desarrolla un análisis de la variación paleosecular para este periodo y se muestra su comportamiento en la escala de paleointensidad global.

## GEOPAL-23 CARTEL

**NEXO ENTRE PROPIEDADES MAGNÉTICAS  
DE MENA DE FIERRO Y ROCA HUÉSPED  
CON LA HISTORIA DE ALTERACIÓN DE UN  
DEPÓSITO DE FIERRO EN OAXACA, MÉXICO**

González Rangel José Antonio<sup>1</sup>, Alva  
Valdivia Luis M.<sup>2</sup> y Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>2</sup>

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

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

antonio@geofisica.unam.mx

165 muestras de mena de hierro y rocas huésped obtenidas en 19 sitios de afloramientos superficiales y 107 muestras provenientes de 6 núcleos de barrenos muestran propiedades de magnetismo de rocas que varían con el tipo de alteración sufrida durante su evolución geológica. La alteración y mineralogía asociada son identificadas por remagnetizaciones y por algunas características en las propiedades magnéticas. La susceptibilidad magnética y la magnetización remanente natural se analizan con el objeto de definir la posible correlación con la respuesta del campo magnético total. Valores altos en el factor Q indican predominancia de la magnetización remanente sobre la inducida y por consecuencia relevancia en el proceso de modelado de la anomalía. Las gráficas vectoriales muestran componentes magnéticas estables y razonablemente lineales. Las curvas de intensidad de decaimiento muestran que existen probablemente dos componentes de magnetización. Las curvas continuas de susceptibilidad magnética con temperatura muestran que la principal fase parece ser magnetita. Los parámetros de histéresis sugieren que casi todos los valores caen en la región pseudo-dominio-simple del diagrama de Day.

## GEOPAL-24 CARTEL

**PROPIEDADES MAGNÉTICAS Y MICROSCOPIA DE  
MENAS DE FIERRO Y ROCAS HUÉSPED DE URUGUAY**

Alva Valdivia Luis M.<sup>1</sup>, González Rangel José Antonio<sup>2</sup>,  
Sánchez Betucci Leda<sup>3</sup>, Rivas Sánchez María<sup>2</sup>,  
Gogichaishvili Avto<sup>2</sup> y Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>2</sup>

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

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

<sup>3</sup>*Universidad de la Republica, Uruguay*

lalva@geofisica.unam.mx

Estudios de magnetismo de rocas y de microscopía de las menas de hierro y rocas hospedantes en áreas del centro (81 muestras de 12 sitios) y sureste (42 muestras de 6 sitios) del Uruguay se utilizaron para caracterizar la mineralogía magnética y los procesos que afectaron la magnetización remanente natural durante el emplazamiento y evolución de los depósitos. Aplicamos atención particular para identificar la composición de minerales magnéticos (magnetita y/o titanomagnetita, hematita y/o titanohematita, y titanomaghemita) y la variación en los tamaños de grano de ambos, roca huésped y mena. Se pretendió elucidar y/o establecer una hipótesis sobre el posible origen de estos depósitos: formaciones de hierro bandeado ó volcánico. Los datos de magnetismo de rocas se usaron para investigar los estados de dominio magnético y los procesos de adquisición de remanencia, y establecer la importancia como fuente de anomalías magnéticas.

## GEOPAL-25 CARTEL

**AEROMAGNETIC ASSESSMENT TO THE  
YUCATAN PENINSULA AND ITS IMPLICATIONS  
TO THE EASTERN MEXICO TECTONICS**

López Loera Héctor<sup>1</sup>, Rebolledo Vieyra  
Mario<sup>2</sup> y Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>*Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.*

<sup>3</sup>*Instituto de Geofísica, UNAM*

hlopez@ipicyt.edu.mx

Based on the analyses of the aeromagnetic anomaly of the Yucatán Peninsula, different geological units are defined, characterized by different magnetic susceptibilities. The configuration of the natural magnetic remanent field, reduced to the magnetic pole, first derivative in Z-direction, analytic signal and upward continuation, showed the existence of aeromagnetic domains (AMD), formed by geological units, covering the onshore and offshore portions of eastern Yucatan Peninsula. These units have N-S orientations and their limits, E-W, are interpreted to be associated to weak zones of the crust, in the form of fractures and/or faults.

Within the central zone an AMD was identified as a low magnetic anomaly, this zone is interpreted as being associated to a basin that extends from continent to the ocean domain. Its northern portion has an ellipsoid shape, with its main axis oriented N S and its southern portions has an orientation NE-SW, and it's mainly located onshore.

To the NE of the Peninsula, the aeromagnetic anomalies indicate the presence of a series of basins and ranges, with the basins associated to aeromagnetic lows and the ranges to aeromagnetic highs.

The configuration of the magnetic field within the area, indicates fractures and/or faults, oriented NE-SW, NW-SE and N-S, with the NE-SW as preferential orientation. Some of this fractures/faults, are associated with the so called: "Holbox-Xel Ha fracture zone" that has been associated with the hydrological controls of the Eastern Yucatan, therefore; characterizing these fractures/faults, will not only contribute to the reconstruct the tectonic history of the Yucatan Peninsula, but also to the hydrogeological characterization of the region.

GEOPAL-26 CARTEL

**UNEARTHING OF NATURAL MAGNESIOFERRITE-TI  
AND ILMENITE NANOPARTICLES FROM JACUPIRANGA  
ALKALINE-CARBONATITIC COMPLEX, BRAZIL**

Alva Valdivia Luis M. y Rivas Sánchez María

*Instituto de Geofísica, UNAM*

lalva@geofisica.unam.mx

We report on the finding of magnetic nanoparticles from the mineralized zones of the Cajatí mine, southern Brazil. The ores were formed from magnetite-rich magmas, hydrothermally altered and intruded at crustal depth in excess of 500 m. The mineralogical and textural association between: magnetite and magnesioferrite in carbonatites; and titanomagnetite and magnesioferrite-Ti mineralization in pyroxenites of hedenbergite, seems to be analog mineralizations strongly related to the ionic substitution of Fe<sup>2+</sup> by Mg. Micrometric scale magnetite was magnetically reduced and divided into distinct range fractions. Magnetic minerals were characterized by transmitted and reflected light optical microscopy, X-ray diffraction, Raman spectroscopy and magnetic properties. Crystallographic identification of nanostructures was done using high-resolution transmission electron microscopy.

Frequency dependent magnetic susceptibility percentage (#FD%) measurements report high values (10%) for the 0.1-6.0 µm range size attributed to dominant fractions of superparamagnetic particles. Coercivity and remanent magnetization of magnetite increase when the particle size decreases, probably due to parallel coupling effects. Hysteresis parameters point out that nearly all values for these ratios are in the PSD grain size region of Day plot. Continuous susceptibility measurements with increasing temperature show that the main magnetic phase seems to be magnetite. Probably maghemite is produced during the cooling process. Relatively high Q ratios (>5) for carbonatite-pyroxenite may indicate a thermo remanent magnetization acquired by the ore during post metamorphic cooling from above the Curie temperature that accounts also for the intense remanence. Vector plots for the pyroxenite samples show reasonably linear and stable magnetic components. The intensity decay curves show that most probably only two components of magnetizations are present.

Sesión Regular

# **Geoquímica y Petrología**

Organizadores:

Arturo Gómez Tuena

Fernando Velazco



GEOQP-1

### CUANTIFICACIÓN DE MANGANESO Y HIERRO EN MENAS DE MN USANDO EL MÉTODO TRADICIONAL DE WD-FRX Y UN INSTRUMENTO PORTÁTIL (PFRX): COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Lozano Rufino, Romero Francisco Martín y Zamora Martínez Olivia

*Instituto de Geología, UNAM*

rufino@unam.mx

La determinación rápida y confiable de las concentraciones totales de los metales base de interés económico en los yacimientos minerales es de vital importancia para la toma de decisiones en la industria minero-metalúrgica en las etapas de exploración, explotación, beneficio y refinación. Para dar respuesta a esta necesidad las empresas líderes en el ramo han diseñado y fabricado equipos portátiles para análisis por Fluorescencia de Rayos X (PFRX), de los cuales un portátil de última generación (NITON XL3t) fue adquirido recientemente por el Instituto de Geología de la UNAM.

El proceso de evaluación del equipo NITON XL3t se está realizando mediante la comparación de los resultados obtenidos con técnicas convencionales. En este trabajo presentamos los resultados de esta evaluación en muestras que provienen de menas de manganeso.

En nuestro laboratorio se analizan rutinariamente concentrados de manganeso con valores de hasta 70% de Mn con un espectrómetro SIEMENS SRS 3000 (WD-FRX) para lo cual las muestras se secan y funden con mezcla de boratos. Los resultados son muy confiables ya que la homogeneidad y la estabilidad de las perlas obtenidas es muy alta. Con el nuevo instrumento NITON XL3t diseñado para ser transportado y hacer mediciones en "in situ", es posible realizar los mismos análisis sin preparación alguna, o con una ínfima inversión de tiempo en la molienda.

Con el fin de validar el método para medir manganeso y hierro en menas de manganeso, se procedió a medir una serie de materiales de referencia en el instrumento NITON XL3t, comparando los resultados con los reportados en los certificados de análisis.

Las mediciones indicaron que es posible obtener un ajuste muy aceptable con un coeficiente de correlación  $R^2 = 0.9961$  en la curva de valores medidos contra valores certificados. Los materiales de referencia empleados fueron un blanco, FeMn-1, MnO<sub>2</sub>, SARM-17, NOD a-1, y NOD p-1. El intervalo de concentraciones de Manganeso fue de 0 a 63.2%.

También se midieron 6 muestras de mena de Mn que previamente se habían analizado por WD-FRX en el laboratorio, obteniendo de la comparación un  $R^2 = 0.9911$  para un intervalo de concentraciones de 0 a 49% de Mn.

En las muestras estudiadas también se midió Fe total, realizando el mismo tipo de evaluaciones, obteniendo un  $R^2 = 0.9958$  para un intervalo de concentraciones de 0 a 11% de Fe en el material de referencia. Para muestras problema con un intervalo de concentración de 0 a 1% de Fe total se obtuvo un  $R^2 = 0.8152$  mismo que mejora cuando se incrementan las concentraciones hasta más allá del 10%, dando un  $R^2 = 0.9988$ .

Estos resultados permiten concluir que los análisis realizados con el equipo portátil de FRX Niton XL3t son confiables y puede ser utilizado para la valoración de menas de manganeso

GEOQP-2

### EL COMPLEJO VOLCÁNICO TLÁLOC-TELAPÓN: CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS, GEOQUÍMICAS Y GEOCRONOLÓGICAS Y SU RELACIÓN CON OTRAS ESTRUCTURAS DE LA SIERRA NEVADA, FAJA VOLCÁNICA TRANS-MEXICANA

Martínez Serrano Raymundo G., Cadoux Anita,  
García Tovar Gloria P., Valadez Cabrera Sac-Nicte,  
Juárez López Karla y Solís Pichardo Gabriela

*Instituto de Geofísica, UNAM*

rms@geofisica.unam.mx

La Sierra Nevada (SN), parte centro-oriental de la Faja Volcánica Trans-Mexicana, ha sido tradicionalmente considerada como un ejemplo claro de migración hacia el sur del magmatismo calcoalcalino asociado a la subducción de la Placa de Cocos bajo la placa de Norteamérica. Sin embargo, debido a que los complejos volcánicos que la conforman no han sido estudiados con la misma profundidad no es posible establecer las relaciones que guardan entre ellos. Se cuenta con buen conocimiento de las características vulcanológicas, estratigráficas y geoquímicas de los complejos volcánicos Popocatepetl, (actualmente activo) e Iztaccíhuatl, pero para el caso del Complejo Volcánico Tláloc-Telapón (CVTT) se carece de información geológica, geoquímica y geocronológica que permita entender su evolución y relación con las demás estructuras de la SN. Ante la falta de información surgen preguntas tales como: ¿Cuáles son las características petrográficas estratigráficas y geoquímicas de las rocas del CVTT?, ¿cuando se inició la actividad volcánica en el CVTT y cuando terminó?, ¿existe realmente una relación entre el CVTT y los demás complejos? En la presente contribución se presenta un resumen de las características petrográficas, estratigráficas, geoquímicas y geocronológicas del CVTT que se han determinado recientemente y que permiten responder a algunas de las interrogantes anteriores.

La estructura principal del CVTT está compuesta por una serie de flujos de lava, domos y una serie de productos piroclásticos como son depósitos de caída, flujos piroclásticos, depósitos de bloques y cenizas, y lahares que fueron probablemente emitidos por diferentes centros volcánicos asociados. La composición de las rocas es predominantemente dacítica aunque existen andesitas en las unidades basales y composiciones riolíticas en las unidades finales. Las texturas de las lavas son porfídicas y algunas vitrofidicas con plagioclasa, piroxenos, anfíboles y menores cantidades de biotita, feldespatos-K, cuarzo y algunos xenolitos. El comportamiento geoquímico de los elementos mayores y traza de las lavas y productos piroclásticos del CVTT indican una afinidad calcoalcalina característica de zonas de subducción. Evidencias de campo (presencia de xenolitos magmáticos y corticales, estructuras de "mingling") y patrones lineales observados en los diagramas de Harker para las rocas, sugieren la existencia de fenómenos combinados de mezcla de magmas, cristalización fraccionada y una posible contaminación cortical. Datos isotópicos de Sr, Nd y Pb de lavas confirman una mayor interacción de los magmas del CVTT con la corteza en comparación con los productos volcánicos de los otros complejos. Esto indicaría que los magmas han ascendido de manera diferente a lo largo de la SN.

Finalmente, las edades K-Ar determinadas en lavas basales del Tláloc son inferiores 950 Ka, lo cual contrasta con las edades más antiguas del Popocatepetl (~1.2 Ma) y del Complejo Volcánico Iztaccíhuatl (1.2 Ma, datos del grupo de trabajo). Así mismo, la edad de una lava de la cumbre del Telapón es de 274 Ka. Otras investigaciones han encontrado edades de 44 a

16 Ka (14C) para algunos depósitos piroclásticos asociados al Tláloc. Estas edades permiten confirmar que no ha existido una migración del magmatismo dentro de esta Sierra como se había considerado en publicaciones previas.

GEOQP-3

**PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA DE XENOLITOS  
ULTRAMÁFICOS EN CD. SERDÁN, PUEBLA, PORCIÓN  
ORIENTAL DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANS-MEXICANA**

Dávalos Elizondo María Guadalupe<sup>1</sup>, Ortega  
Gutiérrez Fernando<sup>2</sup> y Elías Herrera Mariano<sup>2</sup>

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

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

wyl\_83@yahoo.com

La Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM) presenta tres características que la hacen diferente a otros arcos volcánicos: a) Su oblicuidad (16°) con respecto a la trinchera, b) la ausencia de sismicidad debajo del arco, y c) la diversidad extrema en estructura y composición de su basamento cristalino.

Hipotéticamente se puede pensar que la diversidad magmática de la FVTM la controlan la estructura y composición de la corteza que le subyace, pero detalles más específicos sobre la magnitud y la naturaleza de estas interacciones están limitadas por la escasez de xenolitos de carácter profundo en las rocas de la FVTM.

En la FVTM se han encontrado xenolitos en más de 16 localidades, pero la mayoría son de origen somero. Solo una localidad en el frente del arco mexicano de la región de El Peñón, Estado de México, presenta xenolitos del manto. Estos fragmentos de peridotita (1-2 cm) ocurren en un flujo andesítico y en su mayoría son lherzolitas de espinela con anfíbol y websteritas de cromita (Blatter & Carmichael, 1998).

En el sector oriental del frente volcánico de la FVTM, al suroeste del volcán Pico de Orizaba, se descubrió una localidad nueva con xenolitos ultramáficos posiblemente derivados del manto que se encuentran en un flujo de lava conocido como Mesa Buen País. Los tipos de xenolito encontrados hasta ahora son de harzburgita, wherlita, piroxena y gabro.

Petrográficamente consisten en agregados granulares de clinopiroxena, olivino, ortopiroxena y hornblenda, en este orden de abundancia. Como accesorios se han identificado cromita como inclusiones en olivino y ortopiroxena, pirrotita y apatito. Las texturas en su gran mayoría gradúan de porfiroclásticas a equigranulares, incluyendo algunas con puntos triples de igual ángulo que sugieren recristalización en estado sólido a temperaturas elevadas. Estudios geoquímicos en curso indican que los xenolitos pueden proceder de un manto metasomatizado, o bien haberse formado en el seno de una cámara magmática por procesos de cristalización fraccionada. Sin embargo, la determinación definitiva del origen y evolución de estos xenolitos solo podrá realizarse cuando se tengan resultados analíticos de microsonda y química de elementos traza para establecer las condiciones P-T de su cristalización y discriminar su origen cortical o mantélico.

Referencia

Blatter, D. L. & Carmichael, I. S. E. 1998. Hornblende peridotite xenoliths from central Mexico reveal the highly oxidized nature of subarc upper mantle. *Geology*. Vol. 26. No. 11. 1035 – 1038 pp.

GEOQP-4

**ESTRATIGRAFÍA, PETROLOGÍA Y EVOLUCIÓN DEL  
CENTRO VOLCÁNICO LA MUÑECA, ESTADO DE MÉXICO**

Chapela Lara María, Morán Zenteno Dante,  
Díaz Bravo Beatriz A. y Martiny Barbara

*Instituto de Geología, UNAM*

chapelalara@yahoo.com.mx

El centro volcánico La Muñeca está edificado sobre las rocas mesozoicas del Esquisto Tejupilco y del Grupo Arcelia – Palmar Chico. Su estratigrafía puede dividirse en dos secciones principales: un conjunto de cuerpos hipabisales piroclásticos al occidente y un apilamiento de flujos lávicos y piroclásticos al oriente, que incluye cuatro unidades volcánicas claramente diferenciadas. La primera de ellas tiene una edad de U/Pb de 34 millones de años y está formada por cuatro depósitos piroclásticos que pueden distinguirse entre sí por su grado de soldamiento y por su contenido lítico y mineral. La segunda consiste en varios flujos de lava de composición intermedia de textura porfídica con fenocristales de plagioclasa y minerales ferromagnesianos alterados. La tercera es una brecha lávica con matriz de composición intermedia y clastos de hasta 2m de largo. Finalmente, en la cima de la secuencia hay una serie de derrames riolíticos.

Los cuerpos piroclásticos hipabisales están emplazados en contacto vertical con las rocas del basamento y se distribuyen en un arreglo semi - arqueado de 1 Km de ancho que limita al centro volcánico en su flanco occidental. Sus dimensiones son mucho mayores que las de la mayoría de los cuerpos piroclásticos subvolcánicos reportados en México. Los diques de la zona de estudio tienen composición y textura variables, que van de ignimbritas pumiciticas ricas en cristales de cuarzo y sanidino a ignimbritas altamente soldadas con un alto contenido de líticos. Al parecer estos cuerpos representan los principales conductos de salida de las ignimbritas de la unidad basal.

Las principales estructuras que afectan a las rocas de este centro volcánico, tienen orientaciones N-S, NW-SE y E-W. La mayoría de estos lineamientos no presentan evidencias de haber sufrido actividad tectónica importante durante o después del emplazamiento de las unidades volcánicas, a excepción de una zona de cizalla NW-SE que presenta indicadores cinemáticos que permiten definirla como una falla lateral izquierda. Las fallas y fracturas con orientaciones NW-SE y N-S son un rasgo común para Paleógeno en esta región .

El análisis petrográfico permitió detectar claros rasgos de desequilibrio en fenocristales de hornblenda, piroxenos y plagioclasa. Éstos últimos fueron analizados para elementos mayores con microsonda electrónica, lo que permitió reconocer que los magmas que formaron las rocas estudiadas estuvieron sometidos al menos a tres condiciones termodinámicas distintas. Esto se debe probablemente al arribo de pulsos de magma de composición similar, pero con contenidos de agua o temperatura diferentes.

Los datos sobre la abundancia de elementos mayores y traza de roca total indican que las lavas que conforman al centro volcánico La Muñeca evolucionaron a partir de un mismo magma padre a través del fraccionamiento de minerales como olivino, anfíbol, piroxenos, plagioclasa, feldespatos potásico y óxidos de hierro, lo cual es congruente con un modelo de evolución magmática en el que la cristalización fraccionada es el proceso principal. Por su parte, los datos de isótopos de Sr y Nd indican que también hubo un pequeño aporte de contaminación de

material cortical en un procesos tipo asimilación-cristalización fraccionada (AFC).

## GEOQP-5

### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y MINERALÓGICAS DEL COMPLEJO VOLCANOSSEDIMENTARIO LAS PILAS DEL CRETÁCICO INFERIOR DE LA SIERRA DE ZACATECAS

Escalona Alcazar Felipe de Jesús<sup>1 y 2</sup>,  
Delgado Argote Luis A.<sup>1</sup> y Velasco Tapia F.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE

<sup>2</sup>Dirección de Ordenamiento Ecológico, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

papiesca@yahoo.com

La Sierra de Zacatecas es un campo volcánico del Cretácico Inferior (Hauteriviano). En la base está la Fm Zacatecas, compuesta principalmente por rocas sedimentarias de grano fino y escasos derrames de lava. La cubre el Complejo Volcanosedimentario Las Pilas (Complejo Las Pilas) formado principalmente por derrames de lava y cuerpos de aspecto lacolítico con sedimentos interestratificados.

En este trabajo se presentan los resultados del análisis de elementos mayores, traza y tierras raras de 6 muestras de rocas ígneas intrusivas y 7 extrusivas del Complejo Las Pilas.

Con base en su composición química de los elementos mayores, los derrames de lava se pueden dividir en dos grupos. El primero tiene un contenido de SiO<sub>2</sub> que varía de 43.85 a 45.95% que corresponde a picritas y basaltos y el segundo de 49.31 a 54.07% que corresponde a basaltos y andesita basáltica. En las 3 muestras del primer grupo conforme aumenta el contenido de SiO<sub>2</sub> tienen una pendiente positiva la Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y el CaO; mientras que para el Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(T) y MgO es negativa. En el diagrama TAS dos muestras son alcalinas (tefrita) y otra está en el límite alcalino-subalcalino. Petrográficamente las lavas del primer grupo muestran mesostasis variable entre 9 y 49%, así como fenocristales de oligoclasa y andesina que varía de 1 a 34%, cpx de 1 a 15% y olivino de 1 a 8%. Se observa cloritización selectiva en las fases máficas. La tendencia de los óxidos mayores sigue la remoción de cristales de olivino del magma del que derivaron estas lavas. En las cuatro muestras del segundo grupo el SiO<sub>2</sub>, el CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(T) y MgO muestran una pendiente ligeramente negativa, mientras que en la Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es positiva y casi horizontal al aumentar la sílice, lo que sugiere la cristalización de clinopiroxeno. Petrográficamente, en las lavas del segundo grupo la mesostasis es más abundante (43-75%), y muestran menos variación en el contenido de fenocristales de oligoclasa y andesina (1-17%), clinopiroxeno (17-28%), olivino (0-2%). El contenido de álcalis varía de 2.76 a 4.77%, lo que las ubica en los diagramas TAS y AFM en los campos subalcalino y calcoalcalino, respectivamente.

Cinco rocas intrusivas tienen un contenido de SiO<sub>2</sub> que varía entre 44.39 y 48.21% y una alcanza el 58.5%. Los óxidos mayores no muestran tendencias preferentes. La composición modal de las rocas plutónicas es oligoclasa y andesina (28-50%), clinopiroxeno (0-29%) y olivino (<3%). Aunque mineralógicamente son dioritas, químicamente grafican en los campos del gabro alcalino y la sienodiorita.

Los diagramas de tierras raras de las rocas volcánicas e intrusivas muestran un ligero enriquecimiento en tierras raras

ligeras y un patrón casi horizontal en tierras raras medias y pesadas. La tendencia es comparable a la del MORB enriquecido.

A partir de la similitud en la composición mineralógica y química, de las relaciones de campo, así como de los patrones similares en las tierras raras y elementos traza, se interpreta que esta secuencia magmática infrasaturada a saturada es del tipo de los basaltos toleíticos de olivino que es atípica en sistemas de subducción.

## GEOQP-6

### MAGMATISMO GRENVILLE EN SONORA Y SU RELACION EN LA RECONSTRUCCION DE RODINIA

Espinoza Mladonado Inocente<sup>1</sup>, Campillo Castelo Alberto<sup>1</sup>, Iriondo Alexander<sup>2</sup> y Premo Wayne<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Sonora

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>3</sup>USGS, Denver, Colorado, USA

inocente@geologia.uson.mx

Dataciones de U-Pb en zircones (utilizando SHRIMP) de intrusiones anortosíticas masivas emplazadas en el zócalo Precámbrico del denominado "Bloque Caborca" en la parte noroeste central de Sonora, México; resultan en edades de 1080±38 m.a. como edad de emplazamiento ígneo. Estas anortositas son petrologica y geoquímicamente similares a las intrusiones de anortositas masiva de la provincia de Grenville en Canadá y USA.

Actualmente, las anortositas masivas Mesoproterozoicas del cinturón Grenville (1.0-1.2 Ga) están ampliamente distribuidas en nuestro planeta, como resultado de la desmembración del Megacontinente Rodinia (Ashwal 1993). Se han reconocido fragmentos de este cinturón anortosítico en: Noruega, Canadá, USA, México, Australia, China, India, África y la Antártica. En particular destacan los afloramientos ampliamente estudiados a lo largo del margen Apalache de Laurentia (Norteamérica).

Reconstrucciones paleogeográficas de la distribución de los continentes en el periodo de 1.0 a 1.1 m.a. ubicarían a las intrusiones anortosíticas del Bloque Caborca, en la margen suroeste de Laurentia en contacto con Australia y Antártica, según el modelo AUSWUS (Kalstron y otros, 1999). Según el modelo SWEAT (Moores, 1991) el Bloque Caborca como parte de Laurentia estaría en contacto con Antártica. Por otro lado el modelo AUSMEX (Wingate et al., 2001) alinea los cinturones Mesoproterozoicos del NE de Australia y la parte sur de Laurentia. La ubicación paleogeográfica y las características petrológicas, químicas y cronológicas afines a las cuerpos anortosíticos de la Provincia Grenville, indican que las anortositas del Bloque Caborca son parte del evento magmático global que ocurrió hace 1100 m.a. dentro del cinturón Grenville de Laurentia

La presencia de los cuerpos anortosíticos de edad Grenviliana en el "Bloque Caborca" y su similitud en composición química y edad con respecto a los de Canadá y USA, descartan el truncamiento de este cinturón en Texas y Nuevo México y definen su continuación hacia Sonora. Así mismo, establecen a las anortositas del "Bloque Caborca" como la conexión y la continuidad del cinturón anortosítico hacia Australia y Antártica en la reconstrucción de Rodinia. De esta configuración surge un nuevo modelo AUSWUSMEX que corrige la inconsistencia de desplazar al Terreno Oaxaca hacia el noroeste (actual) y ubicarlo en lugar del Bloque Caborca al SW de Laurentia.

EL hecho de que en el Bloque Caborca existen por lo menos 8 afloramientos (cuatro afloramientos de anortositas, los granitos Aibo, Bustamante, Santa Margarita y Pocito) de intrusiones con edades que oscilan en el rango de los 1100 m.a., sugiere una posible fuente local de los circones de 1100 m.a. en las formaciones Puerto Blanco y Cuarcita Proveedora del Cámbrico Inferior del Bloque Caborca. Lo anterior sugiere que el Bloque Caborca ha permanecido donde actualmente se encuentra desde hace por lo menos 1100 m.a., lo cual se contrapone a la hipótesis del Mojave-Sonora megashear, la cual propone el desplazamiento de 900 km del Bloque Caborca desde el Desierto Mojave en California hasta su lugar actual.

GEOQP-7

**MINERALOGÍA Y GEOQUÍMICA DE  
SEDIMENTOS CLÁSTICOS DE LA FORMACIÓN  
SAN FELIPE, SIERRA MADRE ORIENTAL  
(CRETÁCICO SUPERIOR), NE DE MÉXICO**

Velasco Tapia F., González Alejandro Adriana Guadalupe, Martínez  
Limas Nancy Adriana, Ocampo Díaz Yamzul Ernesto, Chávez  
Cabello Gabriel, Jenchen Uwe y Medina Barrera Francisco

*Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL*

velasco@fct.uanl.mx

La Formación San Felipe (FSF) es una unidad litológica del Cretácico Superior (Coniaciano-Santoniano?) que ocurre dentro la secuencia sedimentaria de la Sierra Madre Oriental, delimitada por las Formaciones Agua Nueva y Méndez. La FSF se ha definido como una secuencia calcárea con intercalaciones de calizas silicificadas y lutitas, depositadas en un ambiente de talud inferior. La unidad incluye además una serie de horizontes limolíticos verdes (espesor: 3-30 cm) que intemperizan a marrón. A fin de caracterizar mineralógica y químicamente estos horizontes limolíticos, se levantaron y muestrearon perfiles en cinco localidades: Dinastía (Monterrey), Los Lirios (Santiago), Pedro Carrizales (Rayones), Puerto Pastores (Galeana) y Cerro Prieto (Linares). Los sedimentos fueron estudiados aplicando diferentes métodos: (a) análisis petrográfico, (b) difracción de rayos-X (XRD) en roca total, (c) análisis químico de minerales por microsonda electrónica y (d) análisis químico de elementos mayores por ICP-OES y traza por ICP-MS. Los horizontes verdes incluyen fragmentos de cuarzo, feldespato, plagioclasa, biotita y zircón dentro de una matriz vítreo-arcillosa. Diagramas de variación, que involucran elementos mayores y/o traza, indican que la mayor parte de las limonitas verdes podría provenir de una fuente ígnea félsica, aunque la química de algunas rocas indica una asociación con rocas ígneas intermedias ó básicas. Diagramas de discriminación sugieren que los sedimentos se originaron en un ambiente de arco continental. Las características mineralógicas y químicas de los horizontes limolíticos verdes de la FSF son comparables a las de acumulaciones de cenizas volcánicas alteradas (bentonita). Un análisis multivariado de Cluster, utilizando elementos inmóviles, ha revelado que se podrían haber generado a partir de diferentes eventos volcánicos. Depósitos bentoníticos han sido reportados en diversas localidades del Cretácico Superior dentro del Mar Interior Occidental de Norteamérica (desde el SW de Canadá hasta Texas; edades K-Ar y  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar} = 70\text{-}98$  Ma;  $N = 42$ ). Durante este periodo ocurrió una intensa actividad volcánica en la región, que podría representar la fuente de estos horizontes: (a) la costa W de Canadá y EEUU; (b) la costa W de México; (c) Centroamérica y (d) el Caribe (Cuba y Puerto Rico). Las relaciones de elementos inmóviles de las cenizas alteradas de

la FSF son, en general, comparables a las observadas en el vulcanismo de la costa W de Canadá y EEUU.

GEOQP-8

**MIGRACIÓN DE TH EN SUELOS Y  
SU EFECTO EN CULTIVO DE FRIJOL**

Juárez Sánchez Faustino

*Instituto de Geofísica, UNAM*

tino@geofisica.unam.mx

Como todo ser vivo las plantas requieren nutrirse, los nutrientes de las plantas esta en el suelo del cual absorben los micro y macronutrientes. Esta asimilación favorece que en los entornos del cultivo se tenga un gradiente en la concentración de los mismos, favoreciendo la movilidad de especies en el suelo.

Este comportamiento favorece el uso de algunas plantas como fitorremediadores en suelos contaminados con metales, sin embargo, la eficiencia de asimilación de los metales por las plantas, no es constante y en cultivos sensibles como el frijol, en este trabajo se estudio este efecto empleando Th a diferentes concentraciones y comparando con una planta testigo.

En las pruebas realizadas en el laboratorio se encontró que existe poca tolerancia de esta planta a concentraciones mayores de 100 ppm y menores a la misma, encontrándose un también un mayor desarrollo de la planta en un tiempo corto respecto al testigo.

Este trabajo sirve para explicar el efecto que existe en los cultivos de frijol y maíz en el poblado de Huitzo, Oax. En donde el suelo tiene altos contenidos de Th incrementados por el agua de riego proveniente de la Presa Matías Romero que recibe los drenajes de la mina El Muerto, la cual se exploto en los años 50's para la extracción de Th y U.

GEOQP-9 CARTEL

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN  
ANALIZADOR PORTÁTIL DE FLUORESCENCIA  
DE RAYOS X EN LA DETERMINACIÓN DE LA  
COMPOSICIÓN ELEMENTAL DE RESIDUOS MINEROS**

Zamora Martínez Olivia, Romero Francisco Martín y Lozano Rufino

*Instituto de Geología, UNAM*

oliviazamora@hotmail.com

En diferentes regiones de México, las actividades mineras se caracterizan por la generación de grandes cantidades de residuos que contienen elementos potencialmente tóxicos (EPT). Con la finalidad de tomar las medidas de protección necesarias para minimizar su riesgo, se realizan estudios de evaluación ambiental. En la primera etapa de esta evaluación se lleva a cabo el muestreo de los residuos y la determinación de la concentración total de los EPT. La calidad de esta evaluación ambiental depende de la cantidad y distribución de las muestras que se colecten.

Los análisis químicos por las técnicas convencionales (AA, ICP-OES e ICP-MS) son de costo relativamente alto y requieren de una inversión de mucho tiempo para obtener resultados, ya que para llevar a cabo el análisis de muestras sólidas es necesario digerirlas.

Con el propósito de plantear una alternativa de bajo costo para analizar EPT en muestras sólidas, generando resultados de manera rápida que permitan la toma de decisiones oportunamente, el Instituto de Geología de la UNAM adquirió un equipo portátil de última generación NITON XL3t para el análisis por Fluorescencia de Rayos X "in situ".

Actualmente se está evaluando la eficacia del equipo portátil mediante la comparación de los resultados obtenidos con técnicas convencionales (ICP-OES) en muestras de residuos mineros.

Dentro de los parámetros evaluados se determinó el efecto del tiempo de medida (30, 45 y 60 s), sobre la composición elemental de diferentes estándares certificados. Los resultados indicaron que no hay diferencias de medición entre estos tres tiempos, los valores de desviación estándar relativa (%CV) fueron determinados entre 1 y 20 %. El mismo estudio se realizó en muestras de residuos mineros encontrándose un comportamiento similar.

Para el caso de residuos mineros también se evaluó el efecto de la fineza del molido de la muestra, para lo cual una vez homogenizada se obtuvo una porción estadísticamente representativa preparándose para su análisis tres sub-muestras de diferente granulometría: 1) >2.0 mm, 2) >250  $\mu$ m 3) >125  $\mu$ m. Al determinar y comparar la concentración total de los EPT se verificaron %CV entre el 5 y 20 %.

Para una serie de muestras (n= 5), se evaluó la repetibilidad interdía e intradía realizándose por triplicado el análisis químico de cada una. Los resultados demostraron en todos los casos valores de desviación estándar entre 2 y 18%, indicando con ello un grado de precisión aceptable.

Posteriormente para una serie de muestras (n=15) se compararon los resultados generados por el equipo NITON XL3t con los obtenidos con la técnica de ICP-OES. Al graficar los valores de concentración del equipo portátil vs los determinados mediante ICP-OES para As, Pb, Cd, Zn, Zr, Cu, Mo, y Sb, se encontraron coeficientes de correlación (R2) entre 0.9721 y 0.9940, con valores de pendiente entre 0.72 y 1.13, indicando que el NITON XL3t genera resultados con valores de exactitud aceptables para estos EPT.

Es posible concluir que con el NITON XL3t se puede identificar y cuantificar de manera exacta, precisa y muy rápida las concentraciones totales de estos EPT en residuos mineros.

#### GEOQP-10 CARTEL

### GEOCRONOLOGÍA EN AUTOMATICO II

Gradilla Martínez Luis Carlos, García García Miguel Angel,  
López Martínez Margarita y Mojarro Bermúdez José de Jesús

*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*

gradilla@cicese.mx

Dentro de los principales objetivos en cualquier análisis experimental es lograr la mejor reproducibilidad y minimizar la incertidumbre de los análisis. Se ha demostrado que la contribución de la señal del blanco (cloro y argón omnipresentes en el equipo de análisis) tiene un rol importante en el análisis isotópico de argón. Actualmente en el Laboratorio de Geocronología del CICESE cada experimento consiste del par: blanco y muestra. Evidentemente la composición del blanco será más representativa conforme las condiciones experimentales sean más parecidas entre la muestra y el blanco.

Actualmente el orden y ejecución de cada experimento se realiza manualmente, apoyándose en la habilidad del operador de reproducir fielmente los tiempos de residencia de la muestra en cada etapa del análisis. Este procedimiento ocasiona errores aleatorios y sistemáticos que son función del operador. Con el fin de obtener una mejor repetibilidad en los análisis se desarrolló un sistema automatizado de control en el proceso de obtención del blanco y la muestra.

El sistema consta de válvulas electro-pneumáticas de transferencia que aislan las bombas de vacío de la cámara de muestras y el espectrómetro de masas.

El proceso de automatización es dinámico y actualmente se encuentra en proceso de optimización. Se agregaron dos bombas de vacío al sistema de extracción y limpieza de argón. En consecuencia se actualizó la tarjeta de adquisición; de bus ISA a bus PCI mejorando así la compatibilidad con el hardware de computo. Se rediseñó la tarjeta electrónica de interfase. El objetivo fue hacerla más modular para realizar mejoras de diseño sin afectar áreas ya terminadas. Se mejoró la forma física de activación de las válvulas, asociándolas directamente al actuador manual; se incrementaron los eventos de control de 3 a 8 y se cuenta con capacidad de aumentar a 12 previendo un aumento en los dispositivos a controlar.

Para la ejecución automatizada del experimento se recurre a lenguaje de programación en C. La rutinas de ejecución pueden modificarse de acuerdo al experimento requerido por el usuario. Las instrucciones de secuencia de activación de las válvulas electro-pneumáticas se direccionan a la tarjeta de adquisición PCI-1710 para su ejecución.

#### GEOQP-11 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA, PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA DE LAVAS Y XENOLITOS DEL ESTRATOVOLCÁN TLÁLOC, SIERRA NEVADA, MÉXICO

Valadez Cabrera Sac-Nicté, Juárez López Karla,  
Cadoux Anita y Martínez Serrano Raymundo G.

*Instituto de Geofísica, UNAM*

pink\_loc@hotmail.com

La Sierra Nevada, ubicada en la parte centro-oriental de la Faja Volcánica Transmexicana, está constituida por tres complejos volcánicos que de norte a sur son: Tláloc-Telapón; Iztaccíhuatl y Popocatepetl. Se han publicado diversos artículos sobre los dos últimos complejos; pero del Tláloc-Telapón se conoce muy poco ó casi nada.

El Tláloc es un estratovolcán de 4120m de altura que ha tenido una actividad volcánica importante durante el Pleistoceno. En este trabajo se presentan los primeros datos petrográficos y geoquímicos de los flujos de lava que forman la estructura principal del Tláloc y de los xenolitos encontrados en estos. De manera general, se han identificado tres unidades principales: en la base del volcán se observaron flujos de lava de composición andesítica con textura porfídica y fenocristales de plagioclasa (oligoclasa-andesina), piroxenos (hiperstena y augita-diópsida) y hornblenda con una corona de óxidos, en una matriz microlítica de feldespatos. Algunas plagioclasas presentan texturas de tamiz. El espesor de esta unidad es de ~1,200m. Hacia la cima del volcán se encuentran flujos de lava de composición dacítica con características de vitrófido. La textura es porfídica con fenocristales de plagioclasa (oligoclasa-andesina), hiperstena y hornblenda con inclusiones de óxidos de Fe-Ti y evidencias de reacción (textura de tamiz), y algunas biotitas diseminadas.

El espesor aproximado es de 200 m. Por último, existen algunos depósitos piroclásticos en los alrededores del volcán caracterizados por un alto contenido de pómez con abundantes fenocristales de plagioclasa (oligoclasa- andesina), algunas con textura de tamiz, hiperstena, biotita, cuarzo y feldespatos potásicos (sanidino), todos dentro de una matriz vítrea.

Se colectaron 13 xenolitos en las lavas de la unidad basal, de los cuales se determinaron sus concentraciones de elementos mayores y traza, con el fin de clasificarlos de acuerdo a sus composiciones y observar sus variaciones geoquímicas. Todos los xenolitos tienen un contenido de sílice con un rango de entre 51-59.5% en peso y de 3.6-5.6% en peso de álcalis, por lo que caen dentro del campo de las andesitas basálticas y andesitas (una muestra es basalto). Las lavas encajonantes caen en el campo de las andesitas y dacitas. Tanto los xenolitos como las lavas se ubican dentro del campo subalcalino, presentando una variación casi lineal entre ellos, lo que indicaría una evolución magmática muy similar. Los patrones de elementos traza para los xenolitos y lavas encajonantes son similares presentando un enriquecimiento de los elementos tipo LIL con respecto a los HFS y con anomalías negativas de Nb, Ta, P y Ti, y positivas de Ba, Rb y Pb; indicando una fuente de manto empobrecida la cual fue modificada por fluidos de subducción. Los patrones de tierras raras confirman su origen asociado a estos procesos. Toda esta información sugiere que estuvieron involucrados dos procesos dentro la cámara magmática: mezcla de magmas y cristalización fraccionada. Actualmente se realizan análisis isotópicos de Sr, Nd y Pb de los xenolitos para precisar su origen, así como los procesos que han ocurrido en la cámara magmática.

#### GEOQP-12 CARTEL

### PRIMEROS DATOS PETROGRÁFICOS, GEOQUÍMICOS E ISOTÓPICOS DE LAS LAVAS DEL ESTRATOVOLCÁN TELAPÓN, SIERRA NEVADA, MÉXICO

García Tovar Gloria P., Martínez Serrano Raymundo  
G., Cadoux Anita y Solís Pichardo Gabriela

*Instituto de Geofísica, UNAM*

tovar302@yahoo.com.mx

El Telapón (VET) es un estratovolcán con altitud de 4081 m.s.n.m., que se localiza dentro de la porción norte de la Sierra Nevada, el cual ha sido poco estudiado hasta el momento, por lo que se desconocen sus características geológicas, estratigráficas, vulcanológicas y también geoquímicas. En este trabajo se presenta la cartografía preliminar del VET así como la descripción de las características petrográficas, geoquímicas e isotópicas de las principales unidades de lava que lo componen.

Se ha identificado la existencia de al menos 7 unidades de flujos de lava y varios depósitos piroclásticos y lahares asociados a éste estratovolcán. Los flujos de lava muestran una dirección de emplazamiento predominante hacia el sur y suroeste y algunos cuantos hacia el este de la Sierra Nevada, mientras que los depósitos piroclásticos y lahares corren hacia el este y oeste. Las unidades de lavas tienen una composición petrográfica de andesitas, dacitas y riódacitas de textura porfídica con fenocristales de plagioclasa, piroxenos y fases hidratadas (hornblenda y biotita). Muchos de los fenocristales muestran evidencias de desequilibrio lo cual puede deberse a cambios en las condiciones de cristalización y evolución de los magmas. Se considera que el último flujo de lava fue emplazado hace 274 000 años (edad obtenida por este grupo de trabajo) y esta compuesto por un vitrófido riolítico. Este flujo y algunos otros muestran estructuras de "mingling" y bandeamiento.

Los flujos de lava muestran una composición de sílice y álcalis que varían de 62.0 a 70.5% y de 5.6 a 6.9% en peso, respectivamente, siendo las dacitas las más abundantes y en menor proporción las riolitas y andesitas, dentro del campo subalcalino. Las variaciones químicas de elementos como K<sub>2</sub>O muestran correlaciones positivas con respecto al sílice y negativas para elementos como el Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO y CaO, indicando algún proceso de cristalización fraccionada asociado a procesos de mezcla de magmas, indicado por el bandeamiento y "mingling" observado en algunas lavas.

Los análisis de elementos traza presentan anomalías características de un ambiente de subducción asociado a un arco magmático continental. Se observan anomalías positivas de elementos traza incompatibles (Rb, Ba, Pb) y el empobrecimiento de elementos de alto potencial de ionización como el Nb, Ta, y Ti.

Los patrones de tierras raras muestran un enriquecimiento de las ligeras con respecto a las tierras raras pesadas y estas últimas con un patrón casi horizontal. Esto es característico de la fusión parcial de un manto empobrecido en un ambiente de subducción.

Los valores isotópicos de Sr de algunos flujos de lava varían de 0.70431 a 0.70522; y de epsilon-Nd de -1.3 a +1.8 indicando una mayor interacción de los magmas con la rocas corticales para los eventos terminales del Telapón. Mientras que los valores isotópicos de plomo varían como sigue: 206Pb/204Pb 18.63 a 18.73; 207Pb/204Pb 15.58 a 15.61; 208Pb/204Pb 38.36 a 38.56 formando una línea de mezcla entre una fuente magmática tipo MORB y una componente de tipo cortical.

#### GEOQP-13 CARTEL

### NUEVAS ESTRUCTURAS VOLCÁNICAS A 22KM AL SE DEL VOLCÁN EL CHICHONAL, (EL CALVARIO, LA BANDERA Y AGUACATE) EN EL ESTADO DE CHIAPAS

Carrera Mariela<sup>1</sup>, Mora Juan Carlos<sup>1</sup> y Sánchez Rojas Edmundo<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Servicio Geológico Mexicano*

cmariela1983@hotmail.com

Al sureste del volcán el Chichonal se localizaron tres estructuras volcánicas del tipo de domos volcánicos, a las cuales se les dio el nombre Calvario, La Bandera y Aguacate reportado por INEGI en su carta topográfica 1:50 000. Estas estructuras se localizan en un área delimitada por las coordenadas UTM N1925247 - S1879557 y E15Q 0500017 - W15Q 04654790, como la continuación hacia el norte de las estructuras del Arco Volcánico Chiapaneco (AVC), entre el Complejo Dómico Tzontehuitz y el volcán Chichonal.

Domo Volcánico El Calvario con coordenadas 15Q 0487803 y 1901076 es un domo volcánico de forma alargada con una longitud de 4.5Km, su base cubre un área de 20.5km<sup>2</sup>, con altura de 2270msnm, la roca es de composición dacítica compuesta por fenocristales de plagioclasa (2mm), piroxeno (1mm), anfíbol (1mm) y mica (1mm). Asociados a esta estructura se encuentran depósitos piroclásticos de flujo de bloques y cenizas con una longitud de ~ 6.32Km.

El domo La Bandera (15Q 0490917 y 1903219) tiene una altura de 2140msnm cubre un área de 8.73Km<sup>2</sup>. La roca tiene una composición andesítica compuesta por fenocristales de plagioclasa (1.5mm), anfíbol (6mm) y piroxenos (1mm).

El domo el Aguacate (15 Q 0497164 y 1911738) es un domo endógeno, que no atravesó en su totalidad las rocas

sedimentarias donde se emplazo. Se localiza en el municipio de Ixhuatán y conforma la parte central del Cerro el Aguacate, de este domo solo se observan algunos afloramientos en donde han ocurrido derrumbes de la rocas sedimentarias. La roca es de composición andesítica textura porfírica compuesta por minerales de plagioclasa (1mm), piroxeno (2mm) y anfíbol (2mm).

La localización de estas tres estructuras es sin duda un aporte a las investigaciones sobre la actividad magmática y volcánica del sur de México dentro del Arco Volcánico Chiapaneco.

## GEOQP-14 CARTEL

**CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y PETROGRÁFICAS DE LOS PLUTONES EL SALINITO, EL MARMOLITO Y LA UNIÓN DEL SUR DEL CINTURÓN BATOLÍTICO PENINSULAR, BAJA CALIFORNIA**

Juárez Rueda Patricia<sup>1y2</sup>, Avilez Serrano Porfirio<sup>1y2</sup>, Delgado Argote Luis A.<sup>1</sup> y Peña Alonso Tomás A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Guerrero

ldelgado@cicese.mx

Al sur del Cinturón Batolítico Peninsular, Baja California, en una región de 150 km<sup>2</sup> centrado en 28.5°N y 114°W afloran tres plutones. Cada uno presenta características petrológicas y estructurales diferentes. El plutón El Salinito al sur del área de estudio (22 km<sup>2</sup>), tiene forma circular, está composicionalmente zonado, su núcleo es diorítico y su periferia gabrítica, y su mineral máfico dominante es el piroxeno. En la parte central del área, el plutón tonalítico El Marmolito (30 km<sup>2</sup>) presenta una forma elongada. Al norte del área, el plutón La Unión (26 km<sup>2</sup>) tiene forma semicircular, varía en composición de diorítico a tonalítico y, al igual que en El Marmolito, la hornblenda y la biotita son comunes; además, está deformado en sus bordes y los diques félsicos de aspecto sinuoso son conspicuos. Secuencias volcanosedimentarias en la facies de esquistos verdes de la Formación Alisitos (KT) encajonan a los plutones. La secuencia encajonante presenta una actitud estratigráfica y foliación paralelas en 148°/89°. La unidad de rocas clásticas en los bordes norte y oeste de El Marmolito están intrusionadas por diques pegmatíticos ricos en muscovita y turmalina. El Salinito presenta una deformación hacia sus bordes SE y E, las fracturas verticales son ortogonales entre sí y paralelas a la foliación magmática y tectónica orientadas principalmente hacia 325°/75°. Las características más sobresalientes del plutón son su forma y composición, además de tener evidencias de mezcla mecánica de magmas en el extremo SW, en donde algunos fragmentos de gabro son embebidos en material diorítico. En los bordes del El Marmolito la foliación magmática es 111°/89° y las fracturas verticales en 90°/90, lo que sugiere su origen relacionado. Al SW del plutón se observa una zona de permeación de tonalita en el esquistos máfico dándole un aspecto bandeado vertical, donde resalta el cizallamiento hacia el NW. El plutón La Unión está deformado en sus bordes, al NE está milonitizado siguiendo una orientación 328°/80°, paralela a la foliación magmática y tectónica, y fracturas verticales que muestran una tendencia ortogonal en los planos 66°/71° y 320°/78°. Hacia el sur muestra grandes cantidades de enclaves dioríticos de diferentes dimensiones, con cantidades variables de cuarzo y elongados paralelamente a la foliación magmática; aquí también son comunes los diques félsicos sinuosos. Con base en las características petrológicas y estructurales, se infiere que cada uno de los plutones tuvo una historia de

emplazamiento distinta. El Salinito tiene características de diapiro cuyo emplazamiento como plutón zonado ocurrió relativamente rápido. Las estructuras y variaciones mineralógicas de El Marmolito sugieren un emplazamiento pasivo con asimilación del techo por efecto de permeación y movimiento en sentido WNW. Por último, La Unión tiene rasgos estructurales que indican una deformación intensa de los bordes debida a un proceso de ballooning, mientras que la sinuosidad de los diques en la parte central del plutón sugiere que esas formas resultan de la migración de la fracción líquida, diferenciada y de composición granítica del cuerpo de magma al alcanzar la cristalinidad crítica (más del 70% de fase cristalina).

## GEOQP-15 CARTEL

**EL BATOLITO DE SANTA MARTA, COLOMBIA. REGISTRO DE LA INSTALACIÓN DE UNA ZONA DE SUBDUCCIÓN PALEÓGENA DE LA PLACA CARIBE BAJO LA PLACA SURAMERICANA**

Duque Trujillo José Fernando<sup>1</sup>, Orozco Esquivel Teresa<sup>1</sup>, Cardona Molina Agustín<sup>2</sup>, Ferrari Luca<sup>1</sup>, Ruiz Joaquín<sup>3</sup> y Valencia Víctor<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Smithsonian Tropical Research Institute, Panama

<sup>3</sup>Department of Geosciences, University of Arizona, USA

jfduque@geociencias.unam.mx

La acreción de rocas de afinidad oceánica es la principal característica de la interacción entre la placa Caribe y la placa Sudamericana desde el Cretácico tardío hasta el Paleoceno. En la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia, en uno de estos complejos acrecionales, se emplazaron rocas intrusivas de composición félsica a intermedia, cuyo origen, evolución, y relación con la tectónica caribeña no han sido considerados a profundidad.

Este magmatismo incluye el batolito de Santa Marta como intrusivo principal y los plutones de Latal, Toribio y Buritaca, los cuales se encuentran emplazados tanto en terrenos metamórficos cretácicos asociados a Caribe, como en basamento Precámbrico y Paleozoico tardío de afinidad suramericana. El cuerpo principal del batolito de Santa Marta está compuesto por granodioritas, quartzodioritas y dioritas, en facies definidas por variaciones en el tamaño de grano. Es común encontrar enclaves máficos distribuidos a lo largo del cuerpo, y en menor cantidad grandes cuerpos de hornblenditas pegmatíticas (cumulatos de hornblenda), indicando una compleja historia magmática con mezcla y recirculación de materiales desde las partes más inferiores de la cámara magmática. Cerca de la costa del Caribe se encuentran diques porfíricos y granitos peraluminosos de dos micas y granate, que constituyen un volumen menor.

Edades U/Pb (LA-ICP-MS) indican que el evento magmático comienza en el Paleoceno y se extiende hasta el Eoceno. Análisis geoquímicos de los cuerpos principales indican un carácter subalcalino, metaluminoso, con contenido medio de potasio. Los patrones de elementos traza en los diferentes cuerpos es bastante similar, presentando un enriquecimiento general en LILE con respecto a los HFSE. Así mismo, los patrones de REE (normalizados al condrito) presentan enriquecimientos en LREE y patrones convexos entre los MREE y HREE. Mientras que los cumulatos (hornblendita pegmatítica) presentan un patrón cóncavo.

Estos resultados parciales nos permiten caracterizan estas rocas como granitoides de arco continental asociados a

procesos de subducción, sin embargo más análisis petrológicos, geoquímicos, isotópicos, entre otros, serán realizados con el propósito de definir de una manera más clara una fuente y el proceso de evolución de este magmatismo en el tiempo, y en especial definir el papel de los enclaves máficos y cumalatos (mezcla de magmas, removilización) y el origen de los granitos peraluminosos (tipo S).

De manera general, la generación de estos magmas se puede relacionar a la interacción de las placas Caribe y Suramericana mediante la instalación de una zona de subducción en esta última durante el Paleoceno – Eoceno y la cual habría sido disgregada junto con el arco volcánico debido al desplazamiento relativo dextral de la placa Caribe respecto a la Suramericana. Por su edad y composición, similares a las de intrusivos reportados en Cuba, Española, Puerto Rico, Islas Vírgenes y Antillas menores, el magmatismo cenozoico de la Sierra de Santa Marta podría considerarse como perteneciente al arco magmático circuncaribeño asociado a procesos de subducción en el margen de la placa.

#### GEOQP-16 CARTEL

### ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DE ARENISCAS DEL PALEOCENO Y MIOCENO, SIERRA DE CHIAPAS, MÉXICO

Jenchen Uwe<sup>1</sup>, Velasco Tapia F.<sup>1</sup>, Yutis Vsevolod<sup>1</sup>,  
Priego Vázquez Ana Guadalupe<sup>2</sup>, Maldonado Leal  
Manuel Ángel, Masuch Oesterreich Dirk<sup>1</sup>, Steffahn Jens<sup>1</sup>,  
Rodríguez Saavedra Pedro<sup>1</sup> y Ramos Ledezma Andrés<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

<sup>2</sup>Petróleos Mexicanos Exploración y Producción

jenchen@prodigy.net.mx

El análisis de procedencia de areniscas, especialmente en sistemas turbidíticos, es un tema de gran interés dentro de la exploración de hidrocarburos en aguas profundas. Este estudio presenta diferentes métodos analíticos para identificar cambios en la fuente de sistemas turbidíticos, depositados en la Sierra de Chiapas, México.

La Sierra de Chiapas está situada en el SE de México y se ubica dentro de la placa Norteamericana, siendo limitada por las placas de Cocos y Caribe. El Macizo de Chiapas, ubicado hacia el S, principalmente formado por rocas ígneas y rocas metamórficas, representa una posible fuente. La evolución de la Sierra de Chiapas refleja el desarrollo de un rift inicial, un vulcanismo andesítico jurásico, una sedimentación synrift y el desarrollo de una plataforma carbonatada en el Cretácico, con la deposición de facies terrígenas marginales en el SW. Durante el Paleógeno, eventos tectónicos relacionados a la orogénesis Laramide (Cretácico tardío a Eoceno) modificaron la geometría de la cuenca; el centro de deposición se desplaza hacia la parte occidental de la Sierra de Chiapas (Sánchez-Montes de Oca, 1980).

Sedimentos de sistemas turbidíticos fueron depositados durante el Paleoceno (Fm. Soyatl), el Eoceno inferior (Fm. Nanchital) y el Mioceno inferior (Fms. Depósito y Encanto; Sánchez-Montes de Oca, 1980)

En afloramientos a lo largo de la Carretera Nacional Ocozocuatla-Malpasito ocurren sedimentos de grano grueso de relleno de canal, de sistemas meándricos y de canales abandonados. Ciclos de tipo overbank también han sido reportados en esta región. Generalmente, las facies de grano

fino han sido interpretadas como lóbulos de tipo crevasse splay.

Una amplia fuente, en combinación con un vulcanismo synsedimentario, influyen en la composición y madurez de las areniscas. Para llevar a cabo el análisis de procedencia, solo se muestrearon areniscas de litofacies comparables, a fin de minimizar la influencia del efecto de transporte. El control estratégico de la evaluación fue realizado por medio de estudios de microfósiles. Mediciones radiométricas de rayos- $\gamma$  se llevaron a cabo para controlar las variaciones en el contenido de minerales arcillosos. Los resultados del análisis petrográfico de las areniscas fueron comparados con los datos geoquímicos de roca total, incluyendo elementos mayores, traza y elementos de tierras raras (REE).

La información generada durante el presente estudio ha comprobado la existencia de por lo menos dos diferentes fuentes. Los datos petrográficos de arenisca del Paleoceno muestran la influencia de una plataforma carbonatada, mientras los datos geoquímicos indican un ingreso significativo de material mafico a ultramafico. Los depósitos del Mioceno representan una fuente más ácida, que ha sido comprobada a partir de datos petrográficos, geoquímicos y radiométricos. Una influencia significativa en la composición de las areniscas debido a un vulcanismo synsedimentario (documentado por tobas vitreas) no ha podido ser verificada.

#### GEOQP-17 CARTEL

### GEOLOGIA Y PETROGRAFIA DEL DISTRITO MINERO DE MERCURIO DE BURACELLI, QUERÉTARO

Sobrevilla Mateo Maria del Carmen, Levresse  
Gilles, Gómez Flores Silvia y Tritlla Cambra Jordi

Centro de Geociencias, UNAM

glevresse@gmail.com

Se tiene conocimiento que desde hace 500 años los prehispánicos que habitaban en la sierra gorda empezaban a realizar extracción de mercurio. De los años 50's a 80's se realizaron labores mineras as industriales hasta que resultado incosteable la extracción del mercurio y estas labores quedaron abandonadas. Actualmente estas minas se están reactivando debido al incremento del precio de los metales en general. El objetivo de este estudio es determinar un modelo genético de las diferentes mineralizaciones de mercurio que se encuentran en la Sierra Gorda, para poder proponer guías de exploraciones locales y regionales.

El área de estudio se encuentra al NE del estado de Querétaro, específicamente en el poblado Bucareli del municipio de Peñamiller, en la provincia fisiográfica de La Sierra Madre Oriental.

La geología esta constituida de series sedimentarias del Jurásico Superior-Cretácico Inferior representados por la Formación Trancas, del Cretácico medio representados por la Formación El Doctor con sus cuatro facies: Cerro Ladrón, Socavón, San Joaquín y la Negra. La formación Soyatal-Mezcala pertenece al Cretácico superior.

Toda la secuencia sedimentaria es afectada por eventos de compresión asociados al evento Orogénico Laramide, provocando plegamientos, fallas inversas, cabalgamientos y algunas intrusiones magmáticas granodiorítica. Una etapa Post-Laramídica de relajamiento de la corteza provocando fallamientos normales y eventos volcánicos.



La Mina Todos los Santos se ubica a 1.8 Km al ESE del poblado Bucareli. Dicha mina es parte de un grupo de 6 socavones (cada uno identificado como "mina") distribuidas en el Cerro en una extensión de 300 m de altura. En el distrito minero de Bucareli la formación Las Trancas es cabalgada sobre el facies La Negra de la formación El Doctor. La formación Las Trancas es constituida por lutitas calcáreas filíticas, limonitas, calizas micríticas piritíferas, con nódulos de pedernal, grauvacas y areniscas. La Facie La Negra de la formación El Doctor es formado por calizas de color gris oscuro y negro con estratificación delgada a gruesa con abundantes bandas de pedernal.

La mineralización es constituida de cinabrio y rejalgar. El cuerpo mineralizado es limitado a una aureola dolomitizada de la Facie La Negra. Es un cuerpo continuo de forma ovoide aplastada de mas de 300m de altura por 80m de largo y 5 de ancho; y se encuentra subparalelo a la estructura de mayor cabalgamiento. En el cuerpo la mineralización el mercurio y el rejalgar forman dos sub cuerpos monometálicos. El rejalgar se ubica arriba del subcuerpo de cinabrio. El cinabrio se encuentra diseminado en la roca y a lo largo de los planos de estratificación y esquistosidad. El rejalgar se presenta en forma diseminada y en fractura cementada por calcita. Cuando las dos mineralizaciones (cinabrio y rejalgar) se encuentran juntas, la precipitación del rejalgar es posterior al cinabrio. Estudios de inclusiones fluidas y isotopía estables son realizadas para determinar las condiciones de formación de la mineralización.

#### GEOQP-18 CARTEL

### **GEOLOGIA Y GEOQUIMICA DEL DISTRITO MINERO DE MERCURIO DE CAMARGO, QUERÉTARO**

Gómez Flores Silvia, Levresse Gilles, Sobrevilla Mateo Maria del Carmen y Tritlla Cambra Jordi

*Centro de Geociencias, UNAM*

glvresse@gmail.com

Se tiene conocimiento que desde hace 500 años los prehispánicos que habitaban en la sierra gorda empezaban a realizar extracción de mercurio. De los años 50's a 80's se realizaron labores mineras as industriales hasta que resulto incosteable la extracción del mercurio y estas labores quedaron abandonadas. Actualmente estas minas se están reactivando debido al incremento del precio de los metales en general. El objetivo de este estudio es determinar un modelo genético de las diferentes mineralizaciones de mercurio que se encuentra en la Sierra Gorda, para poder proponer guías de exploraciones locales y regionales.

El área de estudio se encuentra al NE del estado de Querétaro, específicamente en el poblado Camargo del municipio de Peñamiller, en la provincia fisiográfica de La Sierra Madre Oriental.

En la geología es compuesta de series sedimentarias del Jurásico Superior-Cretácico Inferior representados por la Formación Trancas, del Cretácico medio representados por la Formación El Doctor con sus cuatro facies: Cerro Ladrón, Socavon, San Joaquín y la Negra. La formación Soyatal-Mezcala pertenece al Cretácico superior.

Toda la secuencia sedimentaria es afectada por eventos de compresión asociados al evento orogenico laramide, provocando plegamientos, fallas inversas, cabalgamientos y algunas intrusiones magmaticas granodiorítica. Una etapa

Post-Laramidica de relajamiento de la corteza provocando fallamientos normales y evento volcánicos.

El distritos minero de camargo es compuesto de 4 minas o socavones, de mercurio que se ubica a 1.8 Km al ESE del poblado Camargo. Los socavones son repartidas en el Cerro sobre 300 m de altura. En el distrito minero de Camargo la formación Doctor facies la Negra es cabalgada sobre la formación soyatal. La facies La Negra compuesta de caliza de estratificación delgada con lentes de pedernal negro y láminas de lutita que se depositaron en la parte profunda de la zona nerítica. La formación Soyatal presenta en su base principalmente lutitas con escasas capas de caliza. En la parte media y superior se presentan lutitas interestratificadas con limolitas y esporádicas capas de caliza. Todo el conjunto por efectos del intemperismo presenta un color pardo claro amarillento, que la distingue de las otras unidades.

La mineralización es constituida unicamente de cinabrio. Se identifica dos cuerpos limitado a una aureola dolomitizada del facies la Negra y asociado espacialmente a fallas de calvagamiento. Estos cuerpos son continuos y de forma ovoide aplastada de mas de 300m de altura por 120m de largo y 5 de ancho; y se encontra subparalelo a la estructura mayor y secundaria de cavagamiento. En el cuerpo la mineralización ell cinabrio se encontra diseminado en la roca y a lo largo de los planes de estratigrafia y shistosida.

Estudios de inclusiones fluidas y isotopia estables son realizadas para determinar las condiciones de formación de la mineralizacion.

#### GEOQP-19 CARTEL

### **IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES Y MODELO DE EMPLAZAMIENTO EN LA BRECHA DE IMPACTO EN EL POZO YAXCOPOIL-1 DEL CRATER CHICXULUB**

González Verde Oscar<sup>1</sup>, Vera Sánchez Pedro<sup>1</sup>, Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>2</sup> y Soler Arechalde Ana M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN*

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

animatronik@hotmail.com

A simple vista pareciera que los procesos de impacto generan depósitos caóticos de materiales, pero en este trabajo se podido determinar que en realidad obedecen a factores muy específicas, es decir, los clastos emplazados en las brechas tienen tamaños y distribución bien definidos en intervalos regulares, y su comportamiento es dominado principalmente por etapas del proceso mismo. Se estableció que existen cuatro unidades limitadas por la ausencia de fragmentos de basamento y disminución de fragmentos sedimentarios, así como la abundancia de material vítreo con variaciones proporcionales en color. Se propone que el emplazamiento de las brechas de impacto no está controlado exclusivamente por la gravedad, sino que el agua de mar jugó un papel importante en el proceso de emplazamiento de las brechas suevíticas. Por lo que se asocia la brecha recuperada en el pozo Yaxcopoil – 1 al proceso de modificación.

Sesión Regular

# **Mineralogía**

Organizador:  
Arturo Martín Barajas

MIN-1

## MINERALIZACIÓN DE URANIO EN LA CUENCA DE CHIHUAHUA, MÉXICO

Reyes Cortés Manuel<sup>1</sup>, Fuentes Cobas Luis<sup>2</sup>, Torres Moya Enrique<sup>2</sup>, Esparza Ponce Hilda<sup>2</sup>, Reyes Cortés Ignacio<sup>1</sup> y Montero Cabrera María Elena<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.

mreyes@uach.mx

En el estado de Chihuahua existen varios yacimientos de uranio de origen volcánico; el más importante se localiza en la sierra Peña Blanca. Sin embargo, el depósito uranífero de la sierra de San Marcos, localizado a 30 km en línea recta hacia el NW de la ciudad de Chihuahua, podría tener la misma importancia. En el área de San Marcos, dentro de la cuenca de Chihuahua, los yacimientos de uranio fueron formados por actividad hidrotermal de alta a baja temperatura asociados principalmente con rocas volcánicas félsicas de la Caldera de San Marcos. La actividad hidrotermal y las diferentes etapas de alteración desarrollaron las condiciones adecuadas para el depósito de uranio tetravalente y su posterior oxidación. Mediante la caracterización mineralógica fueron determinados los siguientes minerales de uranio: Uraninita, (UO<sub>2</sub> + x), Uranofano, Ca(UO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>·6H<sub>2</sub>O, metatyuyamunita, Ca(UO<sub>2</sub>)(V<sub>2</sub>O<sub>8</sub>)(H<sub>2</sub>O)<sub>5</sub>, masuyita, Pb(UO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>O<sub>3</sub>(OH)·3H<sub>2</sub>O y becquerelita, Ca(UO<sub>2</sub>)<sub>6</sub>O<sub>4</sub>(OH)<sub>6</sub>·8H<sub>2</sub>O. En México, la becquerelita solo había sido documentada brevemente en el yacimiento de El Nopal 1, en la sierra de Peña Blanca. Se considera que San Marcos es un nuevo lugar para investigar sobre este mineral.

Palabras clave: Uranio, becquerelita, masuyita, Sierra Madre Occidental, San Marcos, México.

In the State of Chihuahua, there are diverse uranium deposits of volcanic origin, the most famous of which is located in the Sierra Peña Blanca; however, it is quite possible that the uranium deposit of the Sierra San Marcos, which is located 30 km northwest of Chihuahua City, could be of similar importance. This deposit was formed as a result of high-to-low temperature hydrothermal activity associated with the emplacement of felsic volcanic rocks of the San Marcos Caldera. The hydrothermal activity and different alteration stages developed favorable conditions for deposition of the tetravalent uranium and its later oxidation. The following species were identified in the mineralogical characterization: Uraninite, (UO<sub>2</sub> + x), Uranophane, Ca(UO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>·6H<sub>2</sub>O, metatyuyamunita, Ca(UO<sub>2</sub>)(V<sub>2</sub>O<sub>8</sub>)(H<sub>2</sub>O)<sub>5</sub>, masuyite, Pb(UO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>O<sub>3</sub>(OH)·3H<sub>2</sub>O, and becquerelite, Ca(UO<sub>2</sub>)<sub>6</sub>O<sub>4</sub>(OH)<sub>6</sub>·8H<sub>2</sub>O.

In Mexico, becquerelite has been documented briefly only in the El Nopal deposit in the Sierra Peña Blanca. San Marcos is a new location for research about this mineral.

Key words: Uranium, becquerelite, masuyite, Sierra Madre Occidental, San Marcos, México.

MIN-2

## ESTRUCTURA Y DESESTABILIZACIÓN POR BLANQUEAMIENTO DEL ÓPALO CRISTALINO

Aguilar Reyes Bertha<sup>1</sup>, Fritsch Emmanuel<sup>2</sup>, Ivanov Victor<sup>3</sup>, Paris Michaël<sup>2</sup> y Faulques Eric<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Institut des Matériaux Jean Rouxel, LPMN, 2 rue de la Houssinière, B.P. 32229, 44322 Nantes Cedex 3, Francia

<sup>3</sup>Sofia University, Faculty of Physics, 5 James Bourchier Blvd., 1164 Sofia, Bulgaria.

baguilar@geofisica.unam.mx

El ópalo es un mineral ampliamente estudiado, pero la gran mayoría de los trabajos se centran en el estudio del ópalo australiano, de origen sedimentario. El ópalo mexicano es en su mayoría, de origen volcánico, generalmente cristalino (CT) y presenta una gran variedad de morfologías a escala nanométrica. Los estudios FT-Raman muestran que la diferencia esencial entre el ópalo cristalino (CT) y el ópalo amorfo (A) radica en la cantidad de dominios cristalinos en la estructura. El ópalo volcánico presenta una banda compleja principal a aproximadamente 330 cm<sup>-1</sup>, mientras que el ópalo sedimentario muestra un masivo a aproximadamente 440 cm<sup>-1</sup>. Por medio de la técnica de autodeconvolución espectral por transformada de Fourier rápida se resolvieron las seis bandas principales que componen la banda principal Raman de ambos tipos de ópalo. El aparente desplazamiento de la banda principal Raman desde los 440 cm<sup>-1</sup> en el ópalo A hacia los 330 cm<sup>-1</sup> en el ópalo CT se debe a una redistribución de las intensidades de las componentes espectrales. La transformación natural de ópalo A a ópalo CT se puede considerar como la formación gradual de anillos de 6 miembros en una matriz de sílice amorfa y a concentraciones suficientemente altas algunos de los anillos se organizan en dominios cristalinos de cristobalita-alfa.

Uno de los problemas importantes que demeritan el valor del ópalo cristalino es la desestabilización por blanqueamiento, fenómeno que se observa frecuentemente en el ópalo de fuego mexicano. Este fenómeno ocurre por un cambio estructural que no afecta la cristalinidad del ópalo. Este cambio es observable por espectroscopia FT-Raman y espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN); implica una pérdida de agua y el desarrollo de porosidad abierta, lo cual significa que hay una decompactación de la estructura. El agua remanente en la estructura ("cristobalítica") es más móvil que el agua de la estructura original.

La pérdida de agua estructural induce un cambio en el índice de refracción, causando la difusión de la luz, que se traduce en color blanco.

MIN-3

### CARACTERIZACIÓN Y DIAGENESIS DE LAS FASES SILÍCICAS EN EL SISTEMA HIDROTHERMAL DE BAHÍA CONCEPCIÓN, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Blanco Florido David<sup>1</sup>, Canet Miguel Carles<sup>1</sup>, García Vallés Maite<sup>2</sup>, Prol Ledesma Rosa María<sup>1</sup>, Martínez Manent Salvador<sup>2</sup>, Tauler Ferre Esperanza<sup>2</sup>, Rodríguez Díaz Augusto Antonio<sup>3</sup> y Camprubí Antoni<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup>Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona

<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

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

blanc\_reno@yahoo.com.mx

Los depósitos de sínters silícicos son expresiones superficiales comunes en los sistemas geotérmicos. Se considera que son una firma de las condiciones hidrológicas que persisten en estos sistemas en el momento del depósito, y sirven como una guía de exploración y localización de la actividad superficial de dichos sistemas. En muchas manifestaciones hidrotermales se ha descrito la presencia de fases silícicas en sus depósitos; en éstos se producen procesos diagenéticos (en función del tiempo, principalmente) que provocan cambios morfológicos y mineralógicos progresivos, que ocurren gradualmente en nano y micro escala. En general, el depósito inicial de un sínter actual está compuesto por ópalo-A, mientras que los sínters con antigüedad de cientos de años contienen cantidades considerables de ópalo-CT y ópalo-C. Las fases microcristalinas de cuarzo solo están presentes en sistemas con más de 20,000 años de antigüedad.

En las costas de la Península de Baja California se conocen sistemas hidrotermales submarinos someros y costeros; dichos sistemas están emplazados en un contexto de margen continental afectado por extensión tectónica, con un elevado gradiente geotérmico. Bahía Concepción, BCS, es una localidad donde estas manifestaciones son abundantes, además, en los alrededores de la bahía se encuentran numerosos depósitos en vetas de manganeso que contienen fases silícicas amorfas. También se pueden observar manantiales termales a lo largo de la costa, donde precipitan óxidos de manganeso, barita, calcita y fases silícicas amorfas.

El presente trabajo tiene como objetivos caracterizar e identificar las diferentes etapas evolutivas de las fases de sílice de los sistemas hidrotermales de Bahía Concepción a través del tiempo, tomando como referencia los diferentes eventos hidrotermales de la región, tanto fósiles (depósitos de Mn), como los depósitos de sínter silicocalcáreos en las manifestaciones geotermiales actuales. Para poder llevar a cabo esto, se prepararon y analizaron 24 muestras características de distintas manifestaciones con el fin de poder observar sus características petrográficas, mineralógicas y morfológicas por distintas técnicas analíticas (DRX, MEB y de manera complementaria, ATD y espectroscopía IR).

La técnica DRX permitió identificar las fases minerales presentes (calcita, barita, cuarzo, halita, magnetita y plagioclasa) y fue posible determinar las distintas fases silícicas (ópalo-A, ópalo A/CT, ópalo-CT y ópalo-C) en cada manifestación. El estudio morfológico se realizó mediante MEB, y fue posible observar las distintas estructuras características de los diferentes tipos de ópalo, como son: (a) en las muestras de ópalo-A, esferas individuales de menos de 3 µm, aglomerados esferoidales y diatomeas recubiertas de gel de sílice, y (b) en los ópalos más evolucionados, superficies botroidales, lepiesferas y "platelets".

MIN-4

### METALOGENIA DEL ÁREA MINERALIZADA EN MANGANESO DE BAHÍA CONCEPCIÓN, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Rodríguez Díaz Augusto Antonio<sup>1</sup>, Canet Miquel Carles<sup>1</sup>, Gervilla Linares Fernando<sup>2</sup>, González Partida Eduardo<sup>3</sup>, Blanco Florido David<sup>1</sup>, Villanueva Estrada Ruth E.<sup>1</sup>, Morales Ruano Salvador<sup>2</sup>, Prol Ledesma Rosa María<sup>1</sup> y Camprubí Antoni<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, Universidad de Granada

<sup>3</sup>Centro de Geociencias, UNAM

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

geaard@hotmail.com

Bahía Concepción se ubica al este de Baja California Sur. La bahía está delimitada por una serie de fallas normales de orientación noroeste-sureste relacionadas al evento de la apertura del Golfo de California. La región de Bahía Concepción está constituida predominantemente por rocas volcánicas y piroclásticas pertenecientes al Grupo Comondú de edad Oligoceno-Mioceno.

En el área se presenta un conjunto de manantiales hidrotermales costeros con emanaciones entre los 40°C y 87°C. Éstos consisten en manantiales submarinos de poca profundidad e intermareales, ubicados a lo largo de fisuras y fallas con orientación noroeste-sureste al borde occidental de la bahía. El alto contenido de manganeso, bario y sílice en los precipitados y fluidos de los manantiales termales coincide con la existencia de yacimientos manganeso alojados por rocas ígneas, mayoritariamente, en los alrededores de Bahía Concepción.

Para poder estudiar la posible relación entre las manifestaciones hidrotermales actuales y las fósiles, se han estudiado: el manantial costero de Ensenada Mapache, y las minas El Gavilán, Mantitas y Santa Rosa. Para su caracterización y comparación, así como para comprender el contexto metalogenético, se realizaron los siguientes estudios: geología de campo detallada, petrografía, minerografía, microscopio electrónico de barrido, difracción de rayos X, microsonda electrónica, geoquímica de elementos mayores, traza y tierras raras, y microtermometría de inclusiones fluidas.

Las manifestaciones termales costeras y los depósitos de manganeso se alojan en rocas andesíticas del Grupo Comondú (Mioceno) y sedimentarias (Plioceno), como vetas, esencialmente, con espesores menores a dos metros, con orientaciones preferenciales noroeste-sureste. La mineralogía en los depósitos es poco variable, coincidiendo con la presencia de: manganita reemplazada por pirolusita, romanechita, barita, calcita, magnetita-hematita y goethita. La mina El Gavilán presenta, además, coronadita, dolomita, cuarzo y trazas de pirita, calcopirita y oro, semejante a lo hallado en la mina Mantitas. La mina Santa Rosa se distingue por la presencia de ópalo. Los precipitados del manantial intermareal consisten en barita, pirita framboidal, romanechita, todorokita, ópalo, calcita y goethita. Las texturas observadas principalmente son bandeadas coloformas, zoneada, esferoidal, reemplazamientos y brechoide. En la mina Mantitas y en el manantial termal intermareal existen estructuras orgánicas estromatolíticas.

Los datos microtermométricos en los depósitos y en el manantial termal revelan dos fluidos mineralizantes principales, con temperaturas de homogenización y salinidades (en % peso

equivalente de NaCl) de: (a) 101-146°C y ~3-5 %, y (b) de 109-130°C y ~11-14 %, respectivamente.

Los análisis geoquímicos en precipitados muestran valores distintivos en % en peso de Mn (<64.75), Ba (<30.00) y Si (<40.21), y una anomalía negativa de Ce (respecto al estándar PAAS) en el manantial y los depósitos. Se emplearon algunos coeficientes de fraccionamiento Mn/Fe, Co/Zn y diagramas discriminatorios de ambientes genéticos para depósitos marinos profundos de manganeso, distinguiendo en la mayoría de los casos estudiados una marcada firma hidrotermal.

Las similitudes metalogenéticas entre las manifestaciones hidrotermales actuales y los fósiles en Bahía Concepción, hacen suponer una génesis similar en un ambiente de manantial ternal (hot spring) en contexto geotectónico extensional para el modelo de los depósitos de manganeso en la región.

MIN-5

### **PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN FISIOLÓGICA DEL YACIMIENTO DE FIERRO SAN NICOLÁS TENEXCALCO- ESTADO DE PUEBLA**

Muñoz Máximo Ignacio, Vásquez Serrano Alberto, Ramón Márquez Víctor Manuel y Reynoso Carvajal Melesio

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

rexj24@yahoo.com

La población de San Nicolás Tenexcalco pertenece al municipio de Chietla estado de Puebla, ubicada en las coordenadas geográficas paralelos 18°26'00" y 18°36'00" Latitud Norte y los meridianos 98°31'24" y 98°42'36" de Longitud Occidental ubicado al Suroeste de la ciudad de Puebla. El único registro existente de la zona es la carta geológica del Servicio Geológico Mexicano (SGM), carta Chiautla E-14 B48 escala 1:50 000; en el área aflora un dique compuesto de Andesita-Dasita (Porfido Tepenene?) correspondiente a los eventos del Oligoceno, la zona de mayor interés se encuentra ubicada a 2.5 Km., de la población aproximadamente, aquí aparecen rasgos de un afloramiento compuesto por Óxidos y Oxihidróxidos de hierro, encajonado en rocas calizas Carbonatadas y Dolomitizadas correspondientes a la formación Morelos (Caliza subarrecifal del Cretácico Medio, Fries 1960), las manifestaciones de hierro emplazadas en esta unidad geológica presentan un carácter arredondeado y planar (forma de boleos y mantos respectivamente), el principal afloramiento de hierro presenta una morfología de crestón siendo variable en tamaño, tiene 20 m. de alto por 60 m. de largo aproximadamente en superficie; se observan numerosas sucesiones de transición entre Goethita y Berthierita así como la presencia abundante combinada de Goethita y Lepidocrocita (Oxihidróxidos de hierro, Mesozoico) comúnmente llamada limonita; también se hallan manifestaciones de hematita en forma diseminada o masiva, mostrando una posible transición de Chamosita a Hematita (Óxidos de hierro -Paleozoico), estos emplazamientos presentan oquedades y fracturas rellenas con cuarzo de diversas coloraciones (blanca, translúcida y negrusca). Las rocas encajonantes de las unidades presentes en el área fueron afectadas posiblemente producto de la tectónica regional, dando paso al ascenso de soluciones hidrotermales, produciendo la mineralización con Óxidos y Oxihidróxidos de hierro, generando un bandeado sucesivo e intermitente en algunas partes, estas características son propias de la génesis en yacimientos tipo Ironstones (Ferrilitas Fanerozoicas) constituidos por hematita-chamosita (Paleozoico) y goethita-berthierita (Mesozoico), son depósitos típicos depositados en cuencas

de escasas dimensiones (no más de 150 Km. de extensión) apareciendo intercalados en secuencias marinas someras, de calizas, limos y areniscas, de edades variadas del fanerozoico, típicas de ambientes de plataforma marina, de acuerdo con Routhier el estudio de los yacimientos se debería efectuar siguiendo los métodos de la anatomía comparada, la cual tiene una relación estrecha con la fisiología, por ello considerando la anatomía presente del Yacimiento Mineral (in-situ) y su relación estrecha con la fisiología (bajo la clasificación de Blondel), el yacimiento mineral correspondería al denominado "Tipo Modificado" con una génesis de formación correspondiente a los yacimientos "Irostones" (Ignacio Muñoz Máximo, Alberto Vásquez Serrano, Víctor Manuel Ramón Márquez, Melesio Reynoso Carvajal; año 2008).

MIN-6 CARTEL

### **PROYECTO DE RECLASIFICACIÓN FISIOLÓGICA DE LOS YACIMIENTOS MINERALES EN EL MUNICIPIO TÉTELA DE OCAMPO, ESTADO DE PUEBLA**

Muñoz Máximo Ignacio, Vásquez Serrano Alberto y Aguirre Castan Roberto

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

rexj24@yahoo.com

Al norte del Estado de Puebla la geología presente muestra una amplia variedad litológica, las unidades presentes son representativas de grandes eventos geotectónicos regionales como los causados por la Orogenia Laramide y la Faja Volcánica Transversal Mexicana, a pesar de ello, la información geológica disponible en muchas de las localidades se halla aún en penumbras. El obtener una cartografía y reclasificación mineral más detallada en el municipio Tétela de Ocampo estado de Puebla, podrá servir como referencia para reevaluar el potencial económico mineral en toda la región así como contribuir con la información geológica actualmente disponible de esta área. En una visita efectuada en forma general se pudo observar en Las Lajas un afloramiento a orilla de carretera formado por roca caliza y dolomita en intervalos rítmicos, con estratos de espesor variante deformados con dirección NE, la unidad se halla dislocada por una falla normal cuyos indicadores cinemáticos mas notables son estrías a lo largo de la unidad y sigmoides, respecto a la mineralización presente, ésta es escasa, encontrando rasgos muy dispersos de calcopirita (?), el mineral presente mas difundido es calcita de tipo aragonítico. En el poblado de Toxitista la vegetación es muy abundante, se divisa una secuencia montañosa interrumpida por una falla con dirección 20° NE, formando una cañada, la forma de los drenajes es paralela, y las unidades se encuentran compuestas por Lutitas y Caliza. Existe una pared conformada por roca Lutita y Caliza Bituminosa (?) en la cual puede observarse claramente numerosos pliegues tipo Chevron evidencia de los fuertes eventos de compresión a los que fue sometida esta región. La localidad Xoxitista presenta una sucesión de plegamientos (Anticlinales- Sinclinales) de dimensiones variadas, compuestos por estratos de roca lutita en color gris claro y oscuro con grano muy fino intercalados con estratos de caliza de distintas dimensiones y coloración variada cobijados por una extensa vegetación. También aparecen intervalos limo arcillosos húmedas en superficie comportándose con aspecto barroso, todas las fracturas se encuentran rellenas por caliza cristalizada. En uno de los pliegues la charnela aparece completamente fracturada y recristalizada por calcita, a partir de aquí todas las estructuras muestran líneas de oxidación interestratificadas con formas abudnadas de color negro, las líneas de oxidación van en tonalidades rojizas muy diversas,

desde rojos fuertes a colores ocre, existen rasgos de pirita de pocos milímetros a lo largo de estas líneas de oxidación. Por el momento la Información Geológica presentada fue obtenida en tres poblaciones en un reconocimiento efectuado de modo muy general.

MIN-7 CARTEL

### **PROPUESTA CARTOGRÁFICA GEOLÓGICA DE SAN NICOLÁS TENEXCALCO. PROYECTO FIERRO HEMATÍTICO**

Ramón Márquez Víctor Manuel, Vásquez  
Serrano Alberto y Muñoz Máximo Ignacio

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

nano\_18031@hotmail.com

Este proyecto se realizó gracias a una vinculación entre la SEDECO (Secretaría de Desarrollo Económico) por medio del ingeniero Roberto G. Vigil (director de minería en Puebla) y la BUAP, con el fin de la búsqueda de yacimientos minerales para el bien de la comunidad. El área de estudio se encuentra situada a 1.5 Km. al sureste de San Nicolás Tenexcalco, que pertenece al municipio de Chietla, Puebla; nuestra área tiene una longitud de 1.25 Km. por 1 Km. de ancho. De acuerdo con la carta topográfica, las vías de comunicación son por el acceso al norte y oriente, y se realiza por la carretera federal número 190 (México-Oaxaca) en el tramo que va de Izúcar de Matamoros a Tehuiztzingo, permite acceder a la parte occidental del área, a través del ramal 115 que recorre de Axochiapan a Chiautla de Tapia. Este lugar fue cartografiado por el Servicio Geológico Mexicano de una forma general, y con la propuesta cartográfica se pretende hacer un estudio más a detalle en donde se pueden encontrar yacimientos importantes económicamente. Se realizó geología, donde el método de trabajo se dividió en gabinete y campo. Previamente se utilizó un mapa topográfico con el fin de delimitar nuestra área de estudio y se apoyó con fotografías aéreas; realizando un mapa-base de escala 1: 10 000, dibujando sus curvas de nivel, fallas, fracturas, etc. Posteriormente se realizó un recorrido general para reconocer el sitio, el lugar donde se cartografió corresponde principalmente a las unidades geológicas de la Formación Morelos y la Formación Cuautla (Cretácico Medio), en la cual se realizaron tres secciones geológicas de Norte-Sur, como resultado proponemos que consiste en una sucesión de potentes calizas dolomitas con cantidades significativas de pedernal que son muy resistentes a la erosión y tienden a formar altos topográficos, y drenajes paralelos típicos en las calizas, una sección pequeña compuesta de tobas. Estas calizas están en contacto con hematina, donde se encuentra el afloramiento de Fierro Hematítico en donde se encontraron fallas normales acompañadas de una serie de fracturas paralelas a ellas y toda la información se vació en el mapa-base, el cual es la propuesta cartográfica geológica minera de San Nicolás Tenexcalco.

Sesión Regular

# **Oceanología**

Organizador:  
Ligia L. Pérez Cruz

OCE-1

### FLUJOS DE MAREA EN LA FRONTERA TROPICAL DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA

Vázquez Peralta Heriberto<sup>1</sup>, Gómez Valdés José<sup>1</sup>,  
Ortiz Figueroa Modesto<sup>1</sup> y Dworak Robinson Juan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de  
Educación Superior de Ensenada, CICESE

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Guaymas

heriberto1mx@hotmail.com

El programa Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL) monitorea trimestralmente desde 1997 la zona pelágica comprendida entre los 112° y 118° de longitud oeste y entre los 24° y 32° de latitud norte (frente a Baja California). Los datos de corrientes reportados en este trabajo fueron obtenidos con un perfilador acústico de corrientes doppler (ADCP, por sus siglas en inglés), marca RDI de 150 khz el cual va montado en el B/O Francisco de Ulloa. Sintetizamos la información de 19 cruceros oceanográficos realizados entre 1998 y 2007. En complemento a los datos de ADCP, también se obtuvieron datos CTD, los que fueron incorporados al análisis de corrientes. Presentamos una nueva metodología para filtrar las corrientes de marea en una región pelágica con fuerte componente geostrófica. Los resultados obtenidos se validaron con un modelo numérico global de mareas, el cual fue calibrado con observaciones del nivel del mar de la región de estudio.

OCE-2

### ONE-WAY NESTING OF HYCOM TO HYCOM

Zamudio Luis<sup>1</sup>, Hogan Patrick<sup>2</sup> y Metzger Joseph<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Center for Ocean-Atmospheric Prediction  
Studies, Florida State University, USA

<sup>2</sup>Naval Research Laboratory, Stennis Space Center, Mississippi

luis.zamudio@nrlssc.navy.mil

The HYbrid Coordinate Ocean Model (HYCOM) has been configured for the Gulf of California (GOC) at 1/12°, 1/25°, and 1/37° horizontal grid resolution and has been nested inside a basin-scale 1/12° Pacific version of HYCOM. The 1/12° nested GOC model is used to investigate the sensitivity of the nested boundary condition parameters. A case study has been selected that tracks the propagation of a coastally trapped wave (CTW) along the western Mexican Coast generated by Hurricane Juliette. Optimal boundary condition parameters are defined as those that most accurately preserve the CTW as it propagates through the nested GOC boundaries. The results indicate that the optimal parameters are: 1) The nested boundaries are updated every  $t = (L/c)/n_s$ , where  $L$  (in units of length) is the characteristic length scale of the signal propagating through the nested boundary,  $c$  (in units of speed) is the propagation speed of the signal characterized by  $L$ , and  $n_s$  (no units) is the number of times the user wants to sample the propagating signal during its passage through the nested boundaries. 2) The propagation speed through the buffer zone (and consequently the e-folding time scale in the buffer zone) should match (as much as possible) the propagation speed of the oceanographic features (e.g. CTWs, eddies, currents, etc.), which propagate through the nested boundaries. 3) The number of points included in the nested boundaries should be enough to incorporate, at least, 2 Rossby

radius of deformation. When the optimal boundary condition parameters are used in a 1/25° nested GOC experiment the results of the nested simulation show high accuracy in passing the CTW through the boundary to the inner nested model. In addition, the sensitivity of the amplitude and phase of the CTW to the resolution of the atmospheric forcing is investigated using two different wind products. Those results and the nested approach are compared and validated with sea surface height coastal tide gauge observations. Furthermore, all the models simulate a strong transport induced by Juliette at the entrance of GOC, and a strong upwelling (vertical velocity >30 m/day) forced by Juliette along the southeastern coast of the Baja California Peninsula. The model simulated upwelling is corroborated by model independent analysis of SeaWiFS chlorophyll-a satellite measurements.

OCE-3

### LA SEÑAL DE EL NIÑO EN EL GOLFO DE CALIFORNIA ANALIZADA A PARTIR DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR Y EL COLOR DEL OCÉANO

Herrera Cervantes Hugo<sup>1</sup>, Lluch Salvador<sup>2</sup>, Gutierrez  
de Velasco Sanroman Guillermo<sup>1</sup> y Lluch Daniel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación  
Superior de Ensenada, CICESE, Unidad La Paz

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

hherrera@cicese.mx

En este estudio se analizaron los patrones principales de variabilidad interanual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) y del color del océano (Chl-a) en el Golfo de California en base a datos generados por sensores remotos y utilizando el análisis de Funciones Empíricas Ortogonales (FEOs) para el período 1997-2006. La presencia de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO; por sus siglas en inglés) fue analizada en base a un Modelo de Regresión Lineal simple utilizando índices climáticos asociados con el ENSO (SOI y MEI). La FEO1 de la TSM (78% de la varianza) y su serie de amplitudes temporales fueron significativamente correlacionados con el SOI ( $R = -0.58$ ,  $P < 0.01$ ) mientras que la Chl-a (44% de la varianza) presentó un patrón espacial de variabilidad similar al de la TSM, su serie de amplitudes temporales fue significativamente correlacionada con el MEI ( $R = -0.70$ ,  $P < 0.01$ ). La relación estadística mejora durante el invierno, lo que sugiere que la variabilidad de la TSM y de la Chl-a puede ser forzada por el ENSO vía teleconexión atmosférica, interrumpiendo las surgencias de invierno en la costa este del golfo o vía el océano por el ingreso de señales que se propagan atrapadas a la costa. Estos resultados son relevantes cuando se interpretan consecuencias ecológicas asociadas con los eventos ENSO.



OCE-4

### EL ESCENARIO MÁS PLAUSIBLE DEL PROMEDIO ANUAL DE INTERCAMBIO DE BIÓXIDO DE CARBONO ENTRE EL PACÍFICO Y EL GOLFO DE CALIFORNIA

Rodríguez Ibañez Claudia<sup>1</sup>, Álvarez Borrego Saúl<sup>2</sup>, Marinone S. Guido<sup>2</sup> y Lara Lara J. Rubén<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Tropicales, UV

<sup>2</sup>División de Oceanología, CICESE

alvarezb@cicese.mx

En un trabajo anterior se presentaron resultados sobre el aporte neto de bióxido de carbono inorgánico disuelto del Pacífico al Golfo de California para dilucidar si el golfo es una fuente o un sumidero de CO<sub>2</sub> hacia o de la atmósfera. Se manejaron seis posibles escenarios con flujos de agua diferentes entre el Pacífico y el golfo. En dos de ellos se manejaron flujos en cuatro capas, de 0 a 200 m, de 200 a 600 m, de 600 a 1200 m y de 1200 a 2600 m. En el primer escenario se manejó un flujo neto de agua hacia fuera y hacia dentro del golfo de 0.45 Sv y en el segundo de 0.285 Sv. En los otros cuatro escenarios se manejaron flujos sólo en las dos primeras capas, con flujos netos de 0.45 Sv, 0.53 Sv, 1.6 Sv y 10 Sv, respectivamente. Los resultados para los seis escenarios fueron un aporte neto anual del Pacífico al golfo de: 28.4, 18, 34.4, 40.5, 122.4 y 765.2 millones de toneladas por año de carbono en forma de CO<sub>2</sub>. El valor promedio de la producción fitoplanctónica nueva (PPnueva) es  $29.2 \pm 5.2$  millones de toneladas de carbono por año (años no-El Niño). No todos los escenarios son plausibles. Para que el CO<sub>2</sub> que aporta el Pacífico al golfo se utilice en la fotosíntesis se requiere que haya fenómenos físicos que lo transporten (como a todos los nutrientes) hasta la zona eufótica, lo cual deja muy débiles a los dos primeros escenarios. Hasta ahora sólo se conocen mecanismos que mezclan agua desde un poco más de 500 m hasta la superficie en la región de las islas grandes, por lo que el transporte desde >2000 m es dudoso que ocurra. Las surgencias, la mezcla por fenómenos asociados a mareas, y los remolinos ciclónicos pueden transportar materiales desde diferentes profundidades (hasta ~600 m) a la zona eufótica. De los cuatro escenarios restantes, los que manejan 1.6 y 10 Sv implican un exceso grande de CO<sub>2</sub> aportado por el Pacífico con relación a la PPnueva, de lo cual se inferiría que el golfo es una fuente importante de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera. Pero esto implica un exceso grande de todos los nutrientes con un incremento continuo de sus concentraciones dentro del golfo (del orden del triple o mucho más de su valor actual, cada año), lo cual evidentemente no está ocurriendo. Nos quedan sólo dos escenarios plausibles, los que manejan 0.45 y 0.53 Sv. En el primero el valor del aporte anual de CO<sub>2</sub> (34.4 millones ton año<sup>-1</sup>) no es significativamente diferente que PPnueva, lo cual implica un casi-equilibrio entre las aguas del golfo y la atmósfera. En el segundo se tiene un valor significativamente mayor (40.5x10<sup>6</sup> ton año<sup>-1</sup>) que PPnueva, e implica que el golfo es una fuente de CO<sub>2</sub> con un aporte medio anual a la atmósfera de 11.3 millones de toneladas de carbono en forma de CO<sub>2</sub>. Este último escenario es el más plausible porque implica un equilibrio entre el aporte de NO<sub>3</sub> del Pacífico al golfo y la PPnueva del golfo y porque permite un exceso de CO<sub>2</sub> en el agua por encima de la razón teórica CO<sub>2</sub>:NO<sub>3</sub> (razón de Redfield), mismo que se debe a la disolución de exoesqueletos de calcita.

OCE-5

### EL NIVEL DEL MAR COMO INDICADOR DEL CAMBIO CLIMÁTICO: HISTORIA, TENDENCIAS REGIONALES Y PERSPECTIVAS EN MÉXICO

Ortiz Figueroa Modesto y González Navarro Juan Ignacio

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

ortizf@cicese.mx

Se analizan observaciones sistemáticas del nivel del mar en Asia, América y Europa obtenidas durante de los últimos 100 años. Solamente en una de las localidades se cuenta con observaciones que datan del año 1807. Son tres los factores importantes que contribuyen a los cambios de largo plazo que se observan en el nivel del mar: La fusión de los glaciares continentales, el aumento en la temperatura de la capa superior del océano y los movimientos verticales de los márgenes continentales. En la mayoría de las localidades se observa que los movimientos verticales de los márgenes continentales son los que afectan más significativamente a la tendencia de largo plazo del nivel del mar. Aún así, con todas las incertidumbres inherentes a las observaciones del nivel del mar en las estaciones mareográficas, se observa una aceleración en el aumento del nivel del mar a finales del siglo XIX y un subsecuente aumento lineal del nivel del mar a razón de 1.5 mm/año desde principios del siglo XX, una evidencia más de que el planeta está en una fase de calentamiento global. Finalmente, se discuten proyecciones de aumento relativo del nivel del mar para el año 2100 en México, tanto para la costa occidental como para el Golfo de México y el Caribe.

OCE-6

### ESTRUCTURAS MESOESCALARES Y SU INFLUENCIA EN LA DISTRIBUCIÓN DE BALLENAS BARBADAS

García Morales Ricardo<sup>1</sup>, Shirasago German Bernardo<sup>1</sup>, Gómez Gallardo Alejandro<sup>2</sup>, Obeso Nieblas Maclovio<sup>1</sup> y Pérez Lezama Leonardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur

rigarciam@ipn.mx

El Golfo de California es un mar con alta productividad primaria, como resultado de los numerosos fenómenos oceanográficos que en él ocurren y del transporte de nutrientes hacia la zona eufótica. Esto da como respuesta afloramientos estacionales a lo largo de ambas costas presentando una alta diversidad y abundancia de especies de cetáceos, ya que proporciona un gran número de nichos ecológicos, representando una región idónea para estudiar la distribución de este tipo de organismos y en particular de ballenas. Algunos estudios con diferentes especies de cetáceos, han sido realizados en el golfo pero en áreas particulares y en su mayoría utilizando información proveniente de cruceros de investigación, lo cual limita en gran medida su cobertura. Por lo tanto es necesaria la realización de estudios a mayor escala para contribuir al conocimiento de la biología y ecología de estos organismos permitiendo un manejo adecuado de estos recursos. Se analizaron imágenes de Temperatura Superficial del Mar del sensor NOAA-AVHRR y una composición de imágenes Modis-SeaWiFS de clorofila "a", en el Golfo de California en los años 2005 y 2006, así como datos de abundancias relativas de la

ballenas mediante 2 recorridos aéreos por año en los meses de febrero y junio, recorriendo todo el Golfo de California. En invierno (febrero) de 2005, se presentó una distribución de organismos en todo el golfo con un número total de 99 avistamientos ubicados principalmente al norte del golfo, asociados a valores altos de clorofila "a" (4.3 mg/m<sup>3</sup>) y bajos de temperatura (20°C), característicos de la época de surgencias. Para el verano (junio) de 2005 la distribución se concentró en su mayoría en la parte norte del golfo con 46 avistamientos, observándose una fuerte disminución de los valores de concentración de clorofila "a" (1.9 mg/m<sup>3</sup>) y altos de temperatura (28°C), asociados fuertemente a la intrusión de aguas oligotróficas provenientes del Pacífico. El invierno de 2006 se registró un gran número de avistamientos a lo largo de todo el golfo con un total de 183 organismos, asociados principalmente a valores muy altos de clorofila "a" (10.5 mg/m<sup>3</sup>), tanto en las zonas costeras como oceánicas, y temperaturas bajas (18°C). Finalmente en el verano de 2006, la distribución se localizó solo en ciertas zonas del golfo con 30 avistamientos, asociados a una fuerte disminución de concentración de clorofila "a" (2.0 mg/m<sup>3</sup>) y valores de temperatura altos (29°C), producto de la intrusión de aguas provenientes del Pacífico. El GC presentó una gran cantidad de estructuras de mesoescala, siendo las más frecuentes los remolinos ciclónicos y anticiclónicos, surgencias, plumas de concentración de clorofila y las intrusiones de aguas del Pacífico. Se obtuvieron un total de 37 correlaciones de todos los parámetros (organismos, fenomenología, Clorofila "a" y TSM) para las cuatro temporadas de estudio. Solo 23 (62%) de estas correlaciones fueron estadísticamente significativas. Del total de correlaciones 19 (51 %) fueron negativas y 16 (43 %) positivas con valores de. Por lo tanto, la distribución de cetáceos mostró una correlación altamente significativa con las variables ambientales y estructuras mesoescalares.

OCE-7

### GENERACIÓN Y DESENVOLVIMIENTO DE LAS ONDAS DE LA MAREA INTERNA EN BAHÍA DE TODOS SANTOS, BC, MÉXICO

Filonov Anatoliy<sup>1</sup>, Vargas Aguilera Carlos<sup>2</sup>, Lavín Miguel<sup>2</sup> y Ladah Lydia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Universidad de Guadalajara

<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

aifilonov@cencar.udg.mx

Se presentan los primeros resultados de las mediciones de ondas internas durante el experimento FLOO 2007 en Bahía de Todos Santos. La marea interna observada es semidiurna y se genera en el talud continental. El primer modo de oscilación es el más importante con velocidad de fase teórica lineal de 31 cm/s. Al propagarse hacia la costa se desintegra en paquetes de ondas solitarias no lineales con velocidades verticales orbitales de hasta 1.5 cm/s, alturas de hasta 4 m y longitudes menores a 100 m, como predice la teoría no lineal KdV.

OCE-8

### VARIABILIDAD ISOTÓPICA Y CONTENIDO ESTOMACAL DE PECES DEMERSALES DURANTE CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS CONTRASTANTES EN LA ZONA DE TRANSICIÓN TEMPLADO TROPICAL

Camalich Carpizo Jaime<sup>1</sup>, Aguiñiga García Sergio<sup>1</sup>, Balart Páez Eduardo<sup>2</sup> y Auriolles Gamboa David<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

jcamalich@gmail.com, jcamalich0600@ipn.mx

Los isótopos estables de carbono y nitrógeno son utilizados en estudios ecológicos para diferenciar fuentes de materia orgánica y niveles tróficos de los organismos estudiados. Estas herramientas regularmente son combinadas con aproximaciones clásicas como el contenido estomacal. El presente trabajo aborda ambas en conjunto con determinaciones físicas en la Zona de Transición Templado Tropical (ZTTT) frente a Bahía Magdalena, Baja California Sur, durante la temporada de mayor presencia de surgencias (Marzo) y durante su relajamiento (Noviembre) en el año 2006. En el Marzo se detectó la presencia de aguas con características de la Corriente de California (salinidad de 34-34.7 y temperaturas de 10 a 15 °C) mientras que en el periodo de Noviembre la temperatura y salinidad de las aguas presentaron características de la corriente Sub superficial subtropical (salinidades de hasta 34.7, y temperaturas desde 17 °C hasta mayores de 25 °C). Los resultados de la captura de peces demersales con red de arrastres sugieren un cambio en la composición específica en relación con los escenarios oceanográficos. Cuatro especies de peces demersales (*Citharichthys xanthostigma*, *Hippoglossina stomata*, *Katethostoma averruncus*, *Prionotus albirostris*) fueron seleccionadas como monitores de las características oceanográficas de esta zona debido a su presencia independiente de la temporada. Las especies seleccionadas presentaron cambios en la composición de sus dietas. Se encontraron diferencias estadísticas en la composición isotópica de C (d-13C -19.09 ± 1.08 para Marzo y d-13C -18.30 ± 0.77 para Noviembre; P = 0.05, p = 0.59; Mann-Whitney) pero no en la composición isotópica de N (d-15N 16.02 ± 0.77 para Marzo y d-15N 16.13 ± 0.50 para Noviembre; P = 0.05, p = 0.00026; Mann-Whitney) lo cual sugiere que es probable que estos organismos no registren la variabilidad isotópica de la producción nueva de N generada en las zonas de surgencia o que una fuente continua de N este mediando el flujo de este elemento en el sistema desde la base de la cadena trófica. La fuente probable de sustento energético en esta zona podría ser *Pleurencodes planipes*, ya que este crustáceo estuvo presente en la dieta de las cuatro especies durante los dos periodos.

OCE-9

### RECONSTRUCCIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LAS TEMPERATURAS SUPERFICIALES DEL MAR CON RESOLUCIÓN DECADAL PARA EL ÚLTIMO MILENIO EN LA REGIÓN MERIDIONAL DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA

Mortyn Graham<sup>1</sup>, Martínez Botí Miquel Angel<sup>1</sup> y Herguera Juan Carlos<sup>2</sup><sup>1</sup>*Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental, Universitat Autònoma de Barcelona, España*<sup>2</sup>*División de Oceanología, CICESE*

graham.mortyn@uab.es

Presentaremos nuevos resultados de una calibración y una reconstrucción de las temperaturas superficiales del mar basadas en la relación Mg/Ca determinada sobre los caparzones calcíticos de un foraminífero pláctico de habitat cercano a la superficie Globigerinoides ruber, cuya máxima abundancia de producción coincide con las condiciones típicas de la columna de agua a finales de verano en la Corriente de California. Las muestras analizadas provienen de un núcleo de sedimentos densamente datado con radiocarbono de la Cuenca de San Lázaro (25°N; 112°W) situado por debajo de la frontera dinámica entre las aguas relativamente frías y de baja salinidad de la Corriente de California y las más cálidas y con salinidades relativamente mas altas de origen subtropical a tropical provenientes del Oeste y el Sur respectivamente. Esta localización le confiere a esta región una alta sensibilidad a las variabilidad en la advección de las aguas de la Corriente de California y a los eventos de origen ecuatorial capturados en el índice de El Niño y la Oscilación Austral (ENOA). Características que nos pueden permitir observar cual es la respuesta de la Corriente de California y de los eventos asociados al ENOA a la variabilidad climática del hemisferio Norte durante períodos fríos multidecadales a centenarios como es la Pequeña Edad de Hielo o de relativo calentamiento como es el Calentamiento Medieval como al calentamiento global observado durante las últimas décadas del siglo pasado.

OCE-10

### BATIMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS (MAYO 2007) EN LAS CUENCAS DE CONSAG Y WAGNER, NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO.

Vázquez Figueroa Viridiana<sup>1</sup>, Canet Miguel Carles<sup>2</sup>, ProL Ledesma Rosa María<sup>2</sup>, Dando Paul<sup>3</sup>, Sánchez Alberto<sup>4</sup>, Robinson Carlos J.<sup>5</sup>, Estradas Alejandro<sup>1</sup> y Campubí Antoni<sup>6</sup>

<sup>1</sup>*Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM*<sup>2</sup>*Instituto de Geofísica, UNAM*<sup>3</sup>*Marine Biological Association of the U.K., Citadel Hill, Plymouth, PL1 2PB, U.K.*<sup>4</sup>*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN*<sup>5</sup>*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*<sup>6</sup>*Instituto de Geología, UNAM*

fvazquezv@hotmail.com

La parte Norte del Golfo de California presenta una compleja actividad tectónica ya que alberga la frontera entre las placas Norteamericana y del Pacífico; además es una región sometida a diversos factores oceanográficos y climáticos. En conjunto estos agentes determinan los principales rasgos batimétricos e

hidrográficos que caracterizan a la región, así como la modifican constantemente.

Entre las cuencas divergentes del Norte del Golfo de California, la de Wagner y la de Consag son las más septentrionales y someras, con una profundidad de hasta ~215 m. Los factores que afectan a la dinámica global del Golfo de California son resultado de: (a) el viento; (b) las mareas y (c) la radiación solar (evaporación). Además, en el Norte del Golfo de California, se han registrado los efectos derivados de la descarga del Río Colorado en periodos de alta precipitación.

Con los objetivos de distinguir los principales rasgos hidrográficos para la columna de agua, así como detalles en la batimetría, se obtuvieron datos de CTD y ecosonda tomados del 16 al 29 mayo del 2007 a bordo del buque Oceanográfico "El PUMA" en las cuencas de Wagner y Consag. Para adquirir los datos batimétricos se utilizaron dos ecosondas: una Simrad ES-60, a 18 KHz, y una Simrad EY-60, a 120 kHz. Un CTD SeaBird acoplado a una roseta fue utilizado para generar los perfiles de salinidad y temperatura.

La batimetría de las cuencas sugiere una subsidencia ligada a una extensión pull-apart. Los taludes que definen los bordes oriental y occidental de las cuencas se caracterizan por ser más pronunciados que los bordes septentrionales y meridionales. Los resultados indican que, para la fecha del muestreo, la columna de agua se encontraba estratificada y la termoclina abarcaba los primeros 50 metros, con ausencia de la capa de mezcla. La temperatura promedio a lo largo de la columna de agua fue de 16.48 ±2.16°C, con un promedio de temperatura superficial de 21.9°C. El promedio de la salinidad fue de 35.48 ±0.89, con ausencia de haloclina. Se identificó un domo de menor salinidad (35.32) ingresando de sur a norte para el área de estudio, de los 50 a los 150 m de profundidad. El diagramas T-S confirma la presencia de Agua del Golfo de California (AGC) y de Agua Superficial Ecuatorial (ASE).

OCE-11

### BAHÍA CONCEPCIÓN, B.C.S., MÉXICO. CONDICIONES HIDROGRÁFICAS

Obeso Nieblas Maclovio<sup>1</sup>, Shirasago Germán Bernardo<sup>1</sup>, Jiménez Illescas Angel Rafael<sup>1</sup>, García Morales Ricardo<sup>1</sup>, Pérez Lezama Leonardo<sup>1</sup> y Gaviño Rodríguez Juan Heberto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN*<sup>2</sup>*Instituto Oceanográfico, Universidad de Colima*

mniebla@ipn.mx

Bahía Concepción se localiza en una región costera de gran importancia en la zona central del Golfo de California, debido a su ubicación geográfica y diversidad de especies, con una importante perspectiva turística y pesquera, lo que representa un significativo capital ecológico para el desarrollo económico del Estado de B.C.S. Con el objetivo de determinar la variabilidad hidrográfica en Bahía Concepción, B.C.S., se analizan datos obtenidos con CTD durante primavera, verano, otoño e invierno. Los resultados muestran la bahía completamente homogénea durante invierno, producto de los vientos del nor-noroeste en la región. El proceso de estratificación se inicia en primavera y continúa hasta alcanzar su máximo a fines de verano, originado por la fuerte radiación y las frecuentes calmas en la zona. Durante otoño se genera el proceso de mezcla de la columna de agua, el cual culmina durante invierno creando condiciones uniformes de las variables hidrográficas en la bahía.

La distribución de temperatura, salinidad y densidad difieren espacial y estacionalmente, lo cual es producto de la radiación solar, vientos locales, configuración de la bahía y la influencia del Golfo de California.

OCE-12

### BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO. CONDICIONES HIDROGRÁFICAS DURANTE EL NIÑO 2004-2005

Obeso Nieblas Maclovio<sup>1</sup>, Shirasago Germán Bernardo<sup>1</sup>, Gaviño Rodríguez Juan Heberto<sup>2</sup>, Jiménez Illescas Angel Rafael<sup>1</sup>, Obeso Huerta Hipolyto<sup>3</sup> y Obeso Huerta Maclovio<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

<sup>2</sup>Instituto Oceanográfico, Universidad de Colima

<sup>3</sup>Microsistemas Californianos, S.A. de C.V.

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur

mniebla@ipn.mx

En el Golfo de California, la Bahía de La Paz representa un importante capital ecológico. Su situación geográfica, la protección que ofrece contra fenómenos meteorológicos, la abundancia de sus recursos naturales y su innegable belleza, propiciaron que en este lugar se estableciera un importante polo de desarrollo en el Estado de B.C.S. Entre la bahía y el golfo continuamente ocurre un forzamiento dinámico e intercambio de agua a través de tres bocas, la Boca Norte, Canal San José y Canal San Lorenzo. Para determinar las condiciones oceanográficas antes y durante El Niño 2004-2005 en Bahía de La Paz, se analizan datos obtenidos con CTD durante cuatro muestreos en octubre de 2001 y 2004, febrero de 2002 y 2005. Los resultados revelaron importantes variaciones en la estructura hidrográfica de la bahía. Los dos otoños tuvieron una capa de mezcla de 20 m, con una termoclina más pronunciada durante 2004 (0.12°C/m) que en 2001 (0.09°C/m). Adicionalmente, la columna de agua experimentó un incremento en la temperatura superficial de 1.5°C en el otoño de 2004, con una temperatura superficial promedio de 29.38°C, mostrando una estructura de haloclina con un mínimo alrededor de los 50 m, superficialmente la bahía fue más salada durante el otoño de 2004. En el invierno de 2002 el agua se enfrió a 18.92°C y se aprecia una extraordinaria capa de mezcla de más de 100 m de profundidad, con una disminución drástica de la termoclina. En 2005 la capa de mezcla se redujo a 30 m y la temperatura se incremento a 20.93°C, con una termoclina bien definida. La estratificación aumentó durante El Niño y fue más evidente en el período con pequeña estratificación en la región (invierno) como se muestra por el parámetro  $\sigma_t$  con valores de 123.38 J/m<sup>3</sup> en 2005 y 4.15 J/m<sup>3</sup> en 2002. En diagramas TS se aprecia en otoño de 2001 una gran cantidad de Agua Superficial Ecuatorial y la nula presencia de Agua del Golfo de California, en contraste con 2004 donde sí se registró el Agua del Golfo de California. Durante el invierno de 2005 se reconoció la presencia de Agua Superficial Ecuatorial, mientras que en 2002 solo se registraron 2 masas de agua, Agua del Golfo de California y Agua Subsuperficial Subtropical.

OCE-13

### ANÁLISIS MESOESCALAR EN EL GOLFO DE CALIFORNIA CON IMÁGENES DE CLOROFILA "A" DURANTE LOS AÑOS 2005-2006

Shirasago Germán Bernardo, Obeso Nieblas Maclovio, Pérez Lezama Leonardo, García Morales Ricardo y Jiménez Illescas Angel Rafael

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

bshirasago@ipn.mx

La circulación general del Golfo de California y su variabilidad estacional resultan entre otros por el forzamiento dinámico que ejerce el Pacífico a través de su boca, localizada en su parte Sur, como son las mareas y movimiento de baja frecuencia. El golfo presenta dos periodos bien definidos con respecto al patrón estacional de vientos. Durante el Invierno-Primavera, los vientos son fuertes y dominantes del Noroeste, con una menor insolación, por el contrario, durante el Verano-Otoño, los vientos son menos intensos provenientes del Sureste y con algunos intervalos de calma y con una mayor radiación solar. Varios estudios han demostrado una circulación bien definida en la parte norte del golfo, encontrándose un remolino ciclónico de junio a septiembre y un anticiclónico de noviembre a abril. En la parte central y sur del golfo destacan las fuertes surgencias en las costas continentales durante invierno-primavera y una serie de remolinos ciclónicos y anticiclónicos a lo largo del golfo y ocupando todo su ancho, alcanzando profundidades hasta de 1000m. Asociados a estos remolinos se encuentran filamentos que cruzan el golfo de lado a lado y ocasionan un importante transporte de organismos planctónicos del continente a la península. A pesar de la falta de estudios, la circulación general de esta parte sur se plantea un flujo de salida en el invierno y uno de entrada en verano, con flujos de compensación en profundidad para la conservación de masa. El objetivo del presente estudio consiste en analizar la presencia de estructuras de mesoescala en el Golfo de California mediante imágenes compuestas promedio quincenal de clorofila "a" de los sensores Seawifs y Modis-Aqua, de alta resolución, tipo HRPT en formato HDF, para los años 2005 y 2006. Este tipo de imágenes han resultado de gran utilidad en el estudio de circulación marina ya que el fitoplancton esta muy asociado a este tipo de fenómenos. Las imágenes fueron obtenidas de Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego, y manipuladas con el software WIM (Windows Image Manager). En los resultados se presentan los meses en los que se detectaron claramente estructuras mesoescalares importantes. En la parte norte del Golfo de California se observa claramente un remolino anticiclónico, durante meses febrero del 2006, no siendo tan evidente en 2005. Lo contrario ocurre en los meses de Julio, en donde se detecta un remolino ciclónico en el 2005 y de menor forma en el 2006. Durante los meses de Abril se registraron en la parte central del golfo, plenamente desarrollada las surgencias de la parte continental, con un intercambio de clorofila "a" de esta región a la zona peninsular, en 2005 a través de filamentos de alta concentración y en 2006 mediante remolinos ciclónicos. En los meses de Junio de ambos años se registra una fuerte disminución en la concentración de clorofila "a", debido a la intrusión en esta época del Agua Superficial Ecuatorial, del Pacífico al golfo, proceso que se detecta marcadamente en la parte sur.

OCE-14

### CICLOS NO ANUALES EN SEDIMENTOS LAMINADOS DEL HOLOCENO EN EL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Pérez Cruz Ligia

*Instituto de Geofísica, UNAM*

perezcruz@geofisica.unam.mx

Se analizó una secuencia de sedimentos laminados de la Cuenca Alfonso, Golfo de California, con el propósito de investigar la variabilidad climática y oceánica en la región y determinar que factores controlan la depositación y formación de la variabilidad de las láminas. Se analizaron proxies en una escala-de-laminas en diferentes intervalos de la secuencia, que responden a las variaciones tales como: las características de las masas de agua superficiales y sub-superficiales, la productividad, la precipitación, los patrones de circulación de los vientos y los niveles de oxígeno en la aguas de fondo. En esta presentación se emplean los proxies de composición química elemental, propiedades magnéticas y microfósiles (radiolarios).

Se analizaron 67 láminas claras y oscuras y en la mayoría de los casos, ambas mostraron una composición química elemental y propiedades magnéticas similares. Sin embargo, las láminas oscuras contienen relativamente mayor cantidad de elementos terrígenos (Al, Si, Fe, K and Mg), lo cual sugiere que su origen está relacionado a un aporte de material terrígeno, vía pluvial o eólica, proveniente principalmente de las tobas volcánicas que rodean a la Bahía de la Paz. En las láminas claras el alto contenido de calcio, proveniente de los esqueletos de foraminíferos y del nanoplankton calcáreo, sugiere su origen biogénico. La señal magnética está dominada por minerales de baja coercitividad grano fino, bajo contenido de titanio: titanomagnetitas y magnetitas. Los datos de histeresis magnética y curvas de adquisición y desmagnetización de magnetización de saturación indican minerales con estados de dominio magnético de pseudo dominio sencillo, posiblemente mezclas de dominios sencillos y múltiples. Los resultados indican una fuente volcánica dominante en la Cuenca, asociada con un transporte pluvial y/o eólico variable.

La baja abundancia de radiolarios en las láminas oscuras parece estar asociada a la gran penetración y tiempos largos de residencia de las aguas ecuatoriales oligotróficas dentro de la Bahía, que ocurren durante los eventos de "El Niño". En contraste, las láminas claras son el resultado de pulsos episódicos de alta productividad biológica en el área.

Se sugiere que los paquetes de láminas obscura/clara son el resultado de procesos oceanográficos y climáticos cíclicos, siendo el aporte de terrígenos el más significativo y el cual presenta variaciones relacionadas a la intensificación del flujo pluvial asociado con "El Niño".

Los sedimentos laminados de la Cuenca Alfonso forman un sistema depositacional no anual, en contraste con los sedimentos varvados característicos de otras cuencas del Golfo de California (Guaymas, Carmen, Pescadero).

OCE-15

### MORFODINÁMICA DE LA PLAYA GASPAREÑO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Godínez Orta Lucio, Troyo Diéguez Sergio y Martínez Flores Guillermo

*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN*

lorta@ipn.mx

Se discute la morfodinámica de la playa Gaspareño con base en mediciones cuasiestacionales de perfiles de playa y configuración de la línea de costa con GPS convencional, realizadas durante el período junio de 2005 a julio de 2007 y, una campaña de medición con fines comparativos efectuada en julio de 2008. Se plantea la hipótesis de que la playa no presenta el clásico ciclo anual típico de playas. Se analizan algunos datos de oleaje registrados en el área mediante un ológrafo direccional S4ADW. Se pretende establecer una relación entre los estados morfodinámicos de la playa y el régimen de oleaje observado.

Los resultados indican que la playa experimenta procesos de erosión-depositación a lo largo del año sin llegar a evidenciarse claramente un ciclo anual. No obstante, un aspecto interesante observado es la alternancia en la deriva litoral entre verano e invierno con algunas evidencias del posible traspaso de sedimento frente a las salientes rocosas que delimitan la playa.

OCE-16

### EFFECTOS DE LA CONSTRUCCION DE UN CANAL ARTIFICIAL ENTRE LA ENSENADA Y LA BAHIA DE LA PAZ

Jiménez Illescas Angel Rafael<sup>1</sup>, Alatorre Mendieta Miguel Angel<sup>2</sup>, Shirasago German Bernardo<sup>1</sup> y Obeso Nieblas Maclovio<sup>1</sup><sup>1</sup>*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN*<sup>2</sup>*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*

arjimill@prodigy.net.mx

La Ensenada de La Paz es una laguna localizada a 200 Km al Norte de la punta de la península de Baja California, conectada con la Bahía de La Paz a través de un canal natural y separada por la barrera arenosa "El Mogote", de 13 Km de longitud (Fig.1). La laguna tiene un área de 45 Km<sup>2</sup>, con una profundidad media de 3 m. Existen profundidades mayores a 7 m. Las mareas son el principal forzamiento, en la laguna con rango de 1.5 m. Los vientos también influyen en su dinámica. Actualmente la posición de la boca natural y la profundidad del canal natural permanecen constantes, a pesar de haber sido impactados por huracanes. El presente estudio se basa en el interés de construir un canal artificial en la parte más angosta de la barrera arenosa, cuya finalidad principal es el tráfico de embarcaciones. Con este propósito se usó un modelo numérico barotrópico, integrado en la vertical, explícito, en diferencias finitas, para simular los efectos de la apertura de dicho canal artificial. Se obtuvieron corrientes mayores a 1.80 m/s en el canal artificial, lo que originaría un crecimiento de la boca debido a la arena fina que constituye la barrera arenosa. Este estudio mostró con la apertura del nuevo canal, cambios en la circulación general de la Ensenada y la reducción gradual del canal natural.

Palabras clave: canal artificial, simulación numérica, lagunas costeras, corrientes de marea, estabilidad de bocas de lagunas.

OCE-17

### VARIABILIDAD AMBIENTAL EN LA BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR Y SU RELACION CON LA DEMOGRAFÍA DE ZALOPHUS CALIFORNIANUS EN LA LOBERA LOS ISLOTES

Pérez Lezama Leonardo, Obeso Nieblas Maclovio, Shirasago Germán Bernardo, Chávez Ortiz Ernesto y García Morales Ricardo

*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN*

eperezl@ipn.mx

El Golfo de California es un mar marginal y constituye la cuenca de evaporación más importante del Océano Pacífico, La Bahía de La Paz es el cuerpo de aguas protegidas más extenso de la costa occidental del Golfo de California, se registran tasas excepcionalmente altas de productividad primaria. En la Bahía de La Paz ocurren diversos procesos físicos como arrastres y mezclas por viento, mezcla por mareas, intercambio de calor, evaporación, etc., que afectan la dinámica y alteran las características del agua en esta región. De las 34 especies de mamíferos marinos que habitan en el Golfo de California, el único pinnípedo que ahí se reproduce es *Zalophus californianus*. El objetivo del presente trabajo fue analizar variaciones ambientales en La Bahía de La Paz, Baja California Sur entre 1980 y 2004 y su posible relación con el comportamiento poblacional de lobo marino *Z. californianus* de la lobera Los Islotes. Se obtuvieron las bases de datos de los índices ambientales del pacífico norte y datos de concentración de clorofila "a" de imágenes de satélite del SeaWiFS, Se analizó la dinámica poblacional del lobo marino en la lobera Los Islotes, en la Bahía de La Paz, con base en censos anuales e información sobre la estructura por edades de 1980 a 2004. Con datos de 5 cohortes de dicha colonia seguidas a lo largo de su vida, se obtuvieron tasas demográficas para reconstruir numéricamente los grupos de edad. Estas tasas demográficas diferenciales sugieren la existencia de presiones ambientales, estos datos se correlacionaron con la variabilidad demográfica para inferir que fenómenos influyen en dichas variaciones de cada estadio de edad y sexo, encontrando que, dependiendo del estadio de desarrollo, la variabilidad ambiental ejerce influencia de diferente magnitud durante las estaciones y en cada año.

OCE-18

### CIRCULACIÓN GEOSTRÓFICA EN LA BAHÍA DE BANDERAS, JALISCO-NAYARIT, MÉXICO

Filonov Anatoliy<sup>1</sup>, Vargas Aguilera Carlos<sup>2</sup>,  
Tereshchenko Iryna<sup>1</sup> y Plata Rosas Luis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Física, Universidad de Guadalajara*

<sup>2</sup>*Posgrado en Oceanografía Física, CICESE*

<sup>3</sup>*Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara*

afileonov@cencar.udg.mx

La dirección y velocidad de las corrientes geostróficas sobre la plataforma continental de la Bahía de Banderas (Jalisco-Nayarit, México) se determinó a partir de mediciones realizadas con un CTD ondulante SBE-19. El levantamiento se realizó usando la técnica de muestreo oceanográfico rápido, gracias a la cual fue posible realizar, en un tiempo menor a 6 horas, un total de 30 lances verticales a lo largo de dos transectos paralelos entre sí y con respecto al eje mayor de la bahía; la separación entre ambos transectos fue de 2.6 km. El efecto de las ondas internas en los

campos de temperatura y salinidad fue filtrado mediante el ajuste de los datos a una superficie que es solución de la ecuación de Laplace. Las velocidades geostróficas calculadas con el método clásico de Pond y Pickard, con un nivel de referencia arbitrario de 160 m, muestran que la circulación principal es paralela a las isobatas, en dirección oeste, hacia el interior de la bahía, con una intensificación en la zona más próxima a la costa (al este de la cuenca), lo que concuerda con estudios anteriores.

OCE-19

### ANÁLISIS DE LA CIRCULACIÓN Y DISPERSIÓN DE PARTÍCULAS EN LA BAHÍA Y LAGUNA DE NAVIDAD, JALISCO, MÉXICO

Filonov Anatoliy<sup>1</sup>, Vargas Aguilera Carlos<sup>2</sup>,  
Pantoja González Diego<sup>3</sup> y Tereshchenko Iryna<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Universidad de Guadalajara*

<sup>2</sup>*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE*

<sup>3</sup>*Posgrado en Ciencias en Hidrometeorología, Universidad de Guadalajara*

<sup>4</sup>*Departamento de Física, Universidad de Guadalajara*

afileonov@cencar.udg.mx

Se presentan los resultados de la modelación de corrientes en la bahía y laguna de Navidad, utilizando el modelo numérico tridimensional semi-implícito HAMSOM en dos mallas (30x30 y 10x10 m, respectivamente), forzado con viento observado y marea. Para la validación se utilizó el registro de corrientes de un anclaje con ADP. Se observan velocidades menores a 20 cm/s en ambas cuencas, mas de hasta 2 m/s en la boca de la laguna (<8 m de profundidad) durante el flujo y reflujo máximo. En esta laguna se manifiestan remolinos forzados por el viento, además que partículas suspendidas permanecen en su interior una vez que entran a su parte más extensa.

OCE-20

### SOBRE LA VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA CIRCULACIÓN Y DEL NIVEL DEL MAR EN EL GOLFO DE MÉXICO

Zavala Hidalgo Jorge y López Méndez Valentín

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

jzavala@atmosfera.unam.mx

La variación de baja frecuencia del nivel del mar y de la circulación en el Golfo de México es analizada utilizando una simulación numérica forzada con vientos realistas, datos de satélite de nivel del mar, datos de mareógrafos y datos de la climatología de Levitus. Los resultados muestran que las mayores contribuciones a la variabilidad de baja frecuencia del nivel del mar son la circulación costera, la presión atmosférica al nivel del mar y una onda baroclínica estacional.

OCE-21

### RESPUESTA DE LA CIRCULACIÓN Y DEL NIVEL DEL MAR EN EL GOLFO DE MÉXICO AL PASO DEL FRENTE FRÍO NÚMERO 4 DE LA TEMPORADA DEL 2007

Calderón Bustamante Oscar<sup>1</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>1</sup> y Gallegos Garcia Artemio<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

calderon@atmosfera.unam.mx

Se analiza el comportamiento de la circulación y el nivel del mar en el sureste del Golfo de México ante el paso del frente frío número 4 de 2007 mediante simulaciones numéricas de los vientos utilizando el modelo Weather Research and Forecasting y del océano utilizando el Navy Coastal Ocean Model. Los resultados muestran que hay respuestas en distintas escalas de tiempo; en primer término, al paso del frente se generan corrientes en las capas superficiales, posteriormente se observa una respuesta en las corrientes que abarca toda la columna de agua y una modificación del nivel del mar, asociados a una onda de plataforma. También se observa una señal sobre el talud continental más lenta y una circulación inercial en la Bahía de Campeche. Se discuten los procesos físicos involucrados en este comportamiento.

OCE-22

### CLIMATOLOGÍA Y EVENTOS EXTREMOS DEL OLEAJE EN EL GOLFO DE MÉXICO

Padilla Hernández Roberto<sup>1</sup>, Jiménez Hernández Sergio<sup>1</sup>, López Zepeda Alejandro<sup>1</sup> y Ramírez Elías Diana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas

<sup>2</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

rpadillah@uat.edu.mx

El conocimiento de la climatología y eventos extremos tanto meteorológicos (Frentes fríos y huracanes) como oceanográficos (mareas de tormenta y oleaje) en el Golfo de México ha llegado a ser un asunto importante debido a; la pérdida de vidas, daños severos a las actividades humanas y a la infraestructura oceánica y costera. Cada año el Golfo de México es escenario, en promedio, de 25 tormentas tropicales (entre Junio y Octubre) y 40 frentes fríos (entre Noviembre y Abril). El modelo numérico de simulación del oleaje WAM fue usado para estimar la climatología del oleaje en el Golfo de México. La modelación del oleaje fue de 30 años, 1972 al 2001. Los vientos usados fueron los campos de viento de los Centros Nacionales para la Predicción Ambiental (NCEP, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de America. Las simulaciones del oleaje se compararon con datos de boyas del Centro Nacional de Boyas de los Estados Unidos. Se calcularon varios parámetros estadísticos y se analizaron los valores extremos y su ocurrencia en tiempo y espacio.

OCE-23

### DINÁMICA DE LA CAPA LIMITE COSTERA DE LA CORRIENTE DE YUCATAN

Coronado Mendez Cesar y Candela Pérez Julio

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

coronado@cicese.mx

El presente trabajo analiza la variabilidad de la corriente a lo largo de un transecto frente a Puerto Morelos, Q.R., que incluye mediciones con corrientímetros someros fijos al fondo y anclajes instrumentados, desde la zona costera, sobre la plataforma continental y en su borde, hasta el núcleo de la Corriente de Yucatán a 540 km de la costa. El objetivo principal de este estudio es esclarecer los mecanismos de transferencia a través del quiebre de la plataforma, conectando los regímenes dinámicos de aguas profundas y aguas sobre la plataforma continental. El conjunto de datos incluye 2 perfiladores acústicos distribuidos en cada una de las siguientes regiones: en la base de la barrera arrecifal de Puerto Morelos, sobre la plataforma continental, en el quiebre y talud, y en aguas profundas monitoreando la Corriente de Yucatán. Se presentan los análisis que sugieren que la transición entre el régimen de corriente superficial en aguas profundas y aguas someras costeras se produce mediante un mecanismo acoplado de capa límite lateral y de fondo, donde el régimen dinámico de la circulación en aguas profundas está dominado por la circulación de mesoescala y la rotación de la tierra, mientras que conforme la profundidad disminuye sobre la plataforma continental, el viento, la marea, la fricción con el fondo y finalmente la acción del oleaje toman relevancia y dominan la circulación.

OCE-24 CARTEL

### ACUMULACIÓN DE CORG, NORG, PORG Y BSI EN LA MARGEN DE MAGDALENA, BCS (MÉXICO)

Sánchez Alberto<sup>1</sup> y Carriquiry José<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

alsanchezg@ipn.mx

Las tasas de acumulación de carbono, nitrógeno y fósforo orgánico (Corg, Norg, Porg) y ópalo biogénico (BSi) fueron medidas en dos núcleos sedimentarios (GC31 y PC08) recolectados dentro de la zona de oxígeno mínimo en la margen de Magdalena, al occidente de Baja California Sur, México. Las tasas de acumulación de Corg, Norg, y Porg fueron similares durante la etapa isotópica marina 2 (EIM-2), el último glaciar máximo (UGM) y el Holoceno tardío (3 ka-Reciente); sin embargo, la tasa de acumulación de BSi fue mayor en el UGM y la EIM-2 que en el Holoceno tardío. De manera general, la EIM-2 y el UGM estuvieron caracterizados por productividades primarias similares a la observada durante el Holoceno tardío. La razón N/P durante el EIM-2 y UGM fue equivalente a la observada durante el Holoceno tardío sugiriendo que N y P no fueron limitantes. De hecho, la razón BSi/C fue relativamente alta (surgencias intensas) cuando la razón N/P era relativamente baja, denotando niveles de productividad primaria semejantes entre la EIM-2, el UGM y el Holoceno tardío. Lo anterior indica que los niveles de productividad observados durante el Holoceno tardío son característicos, al menos, de los que existieron durante la EIM-2.

Ello sugiere que desde entonces el sistema de vientos se ha mantenido, favoreciendo un transporte de Ekman a lo largo de la costa de California y Baja California, dando lugar a productividad primaria dominada por diatomeas.

## OCE-25 CARTEL

### LOS RADIOLARIOS POLICISTINOS EN LOS SEDIMENTOS LAMINADOS DE LA CUENCA DEL CARMEN, GOLFO DE CALIFORNIA: SU SIGNIFICADO PALEOCEANOGRÁFICO

Villagrán de la Cruz Gladys Esbeydy<sup>1</sup>, Pérez Cruz Ligia<sup>1</sup>,  
Machain Castillo María Luisa<sup>2</sup> y Cervantes Hernández Pedro<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

<sup>3</sup>Posgrado en Ecología Marina, Universidad del Mar

gladysesbeydy@yahoo.com.mx

Se estudió una secuencia de sedimentos laminados de 215 cm de longitud (núcleo DIPAL-1 K58), la cual fue colectada en la parte occidental de la cuenca del Carmen a 710 m de profundidad, con el propósito de documentar la variabilidad oceanográfica y climática de esta región, a través del análisis y la interpretación de las agrupaciones de radiolarios policistinos preservados en los sedimentos. Se determinó un modelo de edad con base en la datación de <sup>210</sup>Pb en 14 muestras sedimentarias superficiales. A partir de éstas se estimó una tasa de sedimentación de 1.14 mm/año, por lo que el alcance de la secuencia es de los últimos 1800 años. Se analizaron 23 muestras cada 10 cm a largo de todo el núcleo. Se identificaron en total 160 taxa de radiolarios pertenecientes a dos ordenes: naselarios y espumelarios. Con el propósito de facilitar el análisis e interpretación de la microfaua en los diferentes intervalos a lo largo del núcleo, se aplicó un análisis estadístico multivariado (ACP), a partir del cual se definieron tres componentes, que explican el 88% de la variabilidad total de los datos. Con base en la afinidad de los taxa de radiolarios policistinos a las masas de agua y a procesos oceánicos presentes en la región de estudio, se denominan: Cp1 "AGC", Cp2 "Surgencias" y Cp3 "ASE". El Cp1 "AGC" define los intervalos entre 120-145, 225-460, 975-1135, 1470-1660 A.D., y está caracterizado por las especies *Lithomelissa pentacantha* y *Drupptractus irregularis*. Para estos intervalos se sugiere que el Agua del Golfo de California, relativamente salina, fue dominante en el área de estudio. Adicionalmente, el registro apoya la señal del Periodo Cálido Medieval (PCM) entre 975 y 1135 A.D. El Cp2 "Surgencias" describe los intervalos entre 150-255, 475-980, 1130-1415, 1630-1665 A.D. La dominancia de *Phortidium pylonium* sugiere que durante estos episodios hubo un aumento en la intensidad de los procesos de surgencias y consecuentemente en la productividad biológica, propiciados por cambios en la circulación oceánica y en los patrones de vientos regionales. Por último, el Cp3 "ASE" define dos periodos entre 1360 y 1425 y, de 1695-2003 A.D. Este componente está caracterizado por la dominancia de tres taxa: *Drupptractus variabilis*, *Tetrapyle octacantha* y *Eucyrtidium hexagonatum*. Con base en las afinidades ecológicas de estos taxa, se propone que a partir de 1695 A.D. al presente, el Agua Superficial Ecuatorial, ha dominado la región de estudio, sugiriendo tal vez que los eventos de "El Niño" han sido más frecuentes e intensos durante el Holoceno tardío, lo cual coincide con lo reportado por otros autores, utilizando otros proxies, para esta región del golfo. Por lo anterior, la secuencia analizada representa un registro de sensible a señales climáticas globales y regionales.

## OCE-26 CARTEL

### LOS RADIOLARIOS POLICISTINOS DE LA CUENCA DE LA PAZ, GOLFO DE CALIFORNIA: SU SIGNIFICADO OCEANOGRÁFICO Y CLIMÁTICO EN EL HOLOCENO TARDÍO

Gómez Lizárraga Laura Elena<sup>1</sup>, Pérez Cruz Ligia<sup>1</sup>,  
Monreal Gómez Adela<sup>2</sup> y Salas de León David Alberto<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

loretayong@yahoo.com.mx

Con el fin de documentar la variabilidad oceanográfica y climática del Holoceno tardío en la Cuenca de La Paz ubicada al sur del Golfo de California, se colectó la secuencia de sedimentos laminados "K47", de 145 cm de longitud, a 830 metros de profundidad, la cual se caracteriza por ser un registro geológico natural de alta resolución, compuesta por la alternancia de capas claras (aporte biogénico) y capas oscuras (aporte terrígeno), en donde la variabilidad en el flujo de sedimentos es el resultado de una clara señal estacional, este tipo de estructuras sólo se depositan en cuencas que presentan condiciones anóxicas (O<sub>2</sub> < 0.2 ml / L) y alta productividad primaria. Se realizó un estudio micropaleontológico utilizando como proxy oceanográfico a los radiolarios policistinos.

Los radiolarios policistinos son considerados como uno de los grupos de microfósiles marinos de mayor importancia en estudios paleoceanográficos y paleoecológicos, se tiene un registro fósil muy completo de estos organismos ya que han sido muy diversos y de amplia distribución geográfica en el pasado como lo son en la actualidad.

A través de las dataciones por el método de <sup>210</sup>Pb, se estimó el modelo de edad y la tasa de sedimentación en la región de 0.07 mm/año, por lo que la secuencia estudiada tiene un alcance de los últimos 1881 años.

En este estudio se identificaron 165 taxa de radiolarios en 30 intervalos cada 5 cm a lo largo de toda la secuencia. Mediante un análisis estadístico multivariado, análisis de factores "modo Q", se definieron las asociaciones de radiolarios y a través de la interpretación de las afinidades ecológicas y condiciones oceanográficas de la región se propone el siguiente escenario climático y oceánico para el Holoceno tardío.

Para el período comprendido entre ~ 120 a 639 A.D., definido por las especies *Lithomelissa thoracites* y *Clathrocircus stapedius*, se sugiere un clima relativamente más cálido y seco que el actual, el cual pudo favorecer el proceso de evaporación de las aguas superficiales y la formación de una masa de agua con propiedades similares al Agua del Golfo de California (relativamente salina). Entre ~ 140, 444 y 833 a 1417 A.D. se infieren condiciones climáticas relativamente frías, en donde los procesos de surgencias locales, propiciados por una mayor intensificación de los vientos del noroeste, promovieron un aumento en la productividad biológica en la región y por consiguiente la dominancia de *Phortidium pylonium*. Entre ~ 1547 a 1937 A.D. la dominancia de *Arachnocrallium calvata* y *Tetrapyle octacantha*, las cuales presentan mayor afinidad a aguas calidas oligotróficas, sugieren un clima cálido-húmedo con una mayor permanencia del Agua Superficial Ecuatorial, posiblemente como resultado de una mayor frecuencia y/o intensidad de eventos de "El Niño". Por último, es posible identificar tres pulsos ~ 766, 1222 y 2001 A.D., definidos por la dominancia de *Hexapyle dodecantha*, quien tiene afinidad con aguas superficiales cálidas. En particular la señal de ~ 1222 años



se sugiere que puede estar relacionada con el evento climático conocido como el Periodo Calido Medieval.

OCE-27 CARTEL

### OCEANOGRAFÍA Y CLIMATOLOGÍA DEL PLEISTOCENO TARDÍO Y DEL HOLOCENO EN LA BOCA DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Ramos Chaparro Patricia Jacqueline<sup>1</sup>, Monreal Gómez Adela<sup>2</sup>, Pérez Cruz Ligia<sup>3</sup>, Magaña Rueda Víctor<sup>4</sup> y Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

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

<sup>4</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

ramosp@icmyl.unam.mx

Se analizó una secuencia sedimentaria de 173 cm de longitud, obtenida en la región de la boca del Golfo de California a 1741 m de profundidad. El propósito fundamental de este estudio es documentar la variabilidad climática en escala milenaria durante el Pleistoceno tardío y del Holoceno en esta región.

Se utilizaron las asociaciones de radiolarios como proxies oceanográficos y climáticos.

El modelo de edad tentativo es de aproximadamente los últimos 20000 años, éste se estimó con base en la edad de un núcleo cercano, con una tasa de sedimentación de 0.009cm/año. La datación por medio de radiocarbono está en proceso.

Se identificaron 144 taxa de radiolarios policistinos en 37 muestras a lo largo de todo el núcleo. Se aplicó un análisis de factores "Modo Q", a través del cual fue posible definir tres asociaciones de radiolarios y con base en su afinidad ecológica y a las masas de agua presentes en la región se hacen algunas interpretaciones. El primer factor determinado por *Arachnocorallium calvata*, *Phormostichoartus corbula* y *Lithomelissa thoracites*. Con base en ellas se sugiere aguas superficiales y subsuperficiales relativamente frías y salinas y, un clima frío y seco. El factor describe dos intervalos significativos, uno de ellos aproximadamente entre ~18000 años A. P., el cual se coincide con los registros del Último Máximo Glacial. Asimismo, se sugiere la ocurrencia de la Corriente de California en la región de la boca del golfo de California; el segundo intervalo se localiza entre ~12,600 – 11,300 años A. P., el cual se puede relacionar con el evento del Younger Dryas. El factor 2, definido por *Tetrapyle octacantha*, especie clave de aguas superficiales calidas (tropicales y subtropicales) y poco salinas, presenta dos intervalos sobresalientes entre ~14600 – 14150 años A. P., y entre ~6700 – 4500 años A. P. El primero probablemente se relaciona con el evento climático calido de carácter global conocido como el "Bølling Allereød".y el segundo intervalo al parecer coincide con el registro del Óptimo Climático del Holoceno, caracterizado por temperaturas de 1 a 2°C más cálidas que las actuales, El factor 3, agrupa a *Phortidium pylonium*, *Larcospira* sp., *Drupptractus variabilis* y *Cycladophora davisiana*, especies que habitan aguas subsuperficiales relativamente frías y de alta productividad. Este factor muestra dos intervalos entre ~14,000 - 13,000 y ~10,000 - 9200 años A. P. Se sugiere que los procesos de surgencias en la región fueron más evidentes provocando la dominancia de este conjunto de especies.

Con los registros de susceptibilidad magnética de campo bajo se observan diferentes patrones de variación, siendo más alta en

la parte superior del núcleo (Holoceno Tardío y Medio); se sugiere que estos están asociados con mayor aporte de terrígenos hacia la cuenca, resultado de un incremento en la precipitación o bien de transporte eólico. La parte baja de núcleo se caracteriza por valores relativamente bajos, por lo que se presume que el flujo de material biogénico es mayor (posiblemente por la intensificación de las surgencias) y dilución de minerales ferromagnesianos.

OCE-28 CARTEL

### VARIACIÓN ESTACIONAL E INTERANUAL EN UN TRANSECTO HIDROGRÁFICO FRENTE A LA COSTA DE NAYARIT

Palacios Hernández Emilio<sup>1</sup>, Montes Aréchiga Jorge Manuel<sup>1</sup>, Filonov Anatoliy<sup>1</sup> y Carrillo Laura E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara

<sup>2</sup>El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR

emilio6x111@gmail.com

Se realizaron seis muestreos hidrográficos en un transecto que va de 20°50'56.5"N y 107°20'55.9" W a 22°43'50.0" N y 106°48'58.4"W durante las fechas: 11-17 de marzo de 2006, 04-11 de junio de 2006, 18-25 de enero de 2007, 07-16 de noviembre de 2007, 08-12 de marzo de 2008 y 09-12 de mayo de 2008. Se muestreó temperatura, salinidad y densidad con un CTD SBE 19 Plus hasta los 1200db de presión.

En general se observa que la profundidad de la termoclina varía de entre 50 y 100 db de presión y la temperatura superficial varía de 22°C en marzo (2006 y 2008) hasta 26°C en junio de 2006 y mayo de 2008. La variabilidad estacional ocurre en los primeros 150 db de presión, se podría decir que la profundidad de la isoterma de los 12°C no cambia durante todos los muestreos.

Con respecto a la salinidad, la variabilidad superficial se presenta en los primeros 100db de presión, con núcleos de alta y baja salinidad que podría corresponder a agua del Golfo de California. Debajo de esta agua superficial se observa una capa de agua con salinidad entre 34.6 y 34.8 UPS con temperatura promedio de 13°C, llamada 13CW y se encuentra entre los 100 y 300 db de presión. Abajo de este cuerpo de agua existe un núcleo de salinidad de ~34.4 y 35.5 UPS.

El campo de densidad presenta una columna de agua estable y estratificada, la pycnoclina se encuentra en los primeros 100db de presión y la densidad aumenta en 1 unidad cada 150 db de presión.

OCE-29 CARTEL

## DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y SEDIMENTOLÓGICOS DE LA LAGUNA TAMPAMACHOCO, TUXPAN, VERACRUZ, MÉXICO

Mendoza Maravillas Alejandro, González Flores Ernesto, Camacho Ramírez Erik, Hernández Mogollán Héctor, Licona Sánchez Julio César, Mariles Alonso María del Consuelo, Medel Hernández Hugo, Niño Olivo Isidro, Ramírez Velasco Salvador, De la Cruz Galarza Nimrod Adán, Torres Baeza Raúl Antonio y Méndez Alonso Azalea Paola

*Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN*

menmara@yahoo.com.mx

Se analizaron los parámetros fisicoquímicos y sedimentológicos de la laguna Tampamachoco, Tuxpan. A partir de la construcción de la Termoeléctrica Adolfo López Mateos a inicios de 1999, las variaciones de estos parámetros se han ido modificando a lo largo del tiempo, de tal forma que han afectado a la producción pesquera de la laguna que ha disminuido notablemente (Sánchez Rueda 1984 reporta a 76 especies como abundantes). A su vez la laguna se está asolvando, por ende los organismos están migrando al golfo, en busca de aguas más frescas y profundas.

Durante primavera del 2007, se realizaron muestreos en el área mencionada, con un total de 54 estaciones puntuales y distribuidas a lo largo y ancho del cuerpo lagunar, los elementos determinados fueron profundidad, temperatura, salinidad, densidad, materia orgánica, carbonatos y las características granulométricas de los sedimentos, como arenas, limos y arcillas. Los métodos que se utilizaron para la determinación de las variables, son los tradicionales.

La profundidad máxima que se determinó fue de 5.10 m. en la boca de la laguna y un mínimo de 13 cm., en la parte noroeste del mismo cuerpo, con un promedio de 1.13 m. la laguna tiene una barra de arena en la parte casi central ya estabilizada, esto es el resultado del dragado de un canal que comunica la laguna de Tamiahua y la de Tampamachoco, realizado por PEMEX. Estas profundidades son muy someras para el desarrollo de los peces y estas bajas profundidades se ven reflejadas en el aumento de la temperatura que va de 29° C como máximo y 25° C mínimo, la salinidad también se ve afectada, sus valores son de 36‰ el mayor y 26‰ el más bajo. La densidad se presenta como sigma (#), su determinación es de 34.40 a 18.05, estas variables están muy relacionadas.

La materia orgánica que se encontró va de 53% a 3.5% tiene un amplio rango entre estos valores, en la laguna tiene lugares muy estables y no hay corrientes que remuevan la materia orgánica que se va acumulando por el aporte de hojas de los mangles y putrefacción de la misma.

En relación de los carbonatos este parámetro oscilo de 85% a 5.6%. Dentro del cuerpo lagunar se siembra una gran cantidad de ostiones los cuales cuando se cosechan, la mayoría de los pescadores desconchan el ostión y arrojan las conchas a la laguna, y por esta actividad los rangos son amplios. En la determinación de las arenas, limos y arcillas hay variaciones altas, en arenas se observan de 73.26 % a 3.90%, en arcillas de 61.94% máximo y 4.45% mínimo, para los limos van de 60.48% a 4.47%. En el tratamiento de las muestras se determina la procedencia de los sedimentos, en el proceso se encontraron fragmentos de chapopote como contaminante, principalmente en la zona noroeste de la laguna.

Sesión Regular

# **Paleontología**

Organizador:  
Sergio Ceballos

## PALEO-1

**ROEDORES FÓSILES DE LA CINTA, MICHOACÁN**

García Zepeda María Luisa<sup>1</sup>, Pérez González María Suguei<sup>2</sup>,  
Godínez García Verónica<sup>2</sup> y Arroyo Cabrales Joaquín<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Facultad de Biología, Universidad  
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*

<sup>2</sup>*Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH*

<sup>3</sup>*Instituto Nacional de Antropología e Historia*

gzepeda@zeus.umich.mx

Los roedores son muy importantes debido a que permiten precisar las condiciones paleoambientales, por su mayor sensibilidad a las variaciones climáticas, ya sea de temperatura o de humedad, también su evolución rápida los convierte en excelentes fósiles índice, para ubicar en el tiempo geológico los terrenos que los contienen.

La Localidad La Cinta se ubica en la zona norte de la Cuenca de Cuitzeo en el estado de Michoacán. Los registros fósiles hasta ahora realizados en la cuenca resaltan que la distribución de ellos está ligada también a la geometría del lago de Cuitzeo (E-O) y a un rasgo morfológico NO-SE, estos últimos actuando como corredores que comunicaron las depresiones lacustres de Guanajuato con las de Michoacán y porque no, una de las posibles conexiones de migración faunística del norte y sur de México, el vulcanismo y el fallamiento transformaron a la cuenca de Cuitzeo de exorreica a endorreica (García-Zepeda, 2006).

Hasta ahora la mayoría de los estudios realizados en la Cuenca de Cuitzeo han estado más enfocados a grandes vertebrados como son los trabajos de Arellano y Azcón, 1949; Repenning, 1962; Carranza-Castañeda, 1976, 1992; Israde I, 1999; García-Reyes, 2004 y García-Zepeda, 2006.

El material fósil corresponde a un nivel de arenas y microconglomerados de tipo fluvial. Se registraron 4 géneros y 6 especies de roedores: *Sigmodon hispidus*, *Microtus mexicanus*, *M. quasiater*, *Neotoma albigula*, *N. palatina* y *Spermophilus mexicanus*; de las cuales solo el género *Spermophilus* es nuevo registro para el área de estudio y el estado de Michoacán y las especies *Microtus mexicanus*, *M. quasiater*, *Neotoma albigula*, *N. palatina* y *Spermophilus mexicanus* son nuevos registros para el área de estudio y el estado de Michoacán.

## PALEO-2

**EJEMPLOS DE DIVERSIFICACIÓN DE PLANTAS Y VEGETACIÓN DURANTE EL CENOZOICO EN MÉXICO**

Calvillo Canadell Laura  
*Instituto de Geología, UNAM*  
lauretacc@hotmail.com

Las plantas con flor a través de su registro fósil estudiado tomando en cuenta los escenarios geológicos en donde se establecieron y desarrollaron sugieren que los procesos geológicos son importantes detonadores de procesos biológicos, y juntos son responsables de la biodiversidad que a través del tiempo geológico se acumuló para formar el vasto y variado paisaje actual. Un ejemplo de esto incluye floras del Cretácico Superior de Baja California a Tamaulipas, resaltando las de Coahuila cuya variada flora (e.g., Laurales, Nymphaeales, Fagales, Sapindales) es interpretada como la selva paratropical

más antigua de América; ésta contrasta con la flora del Eoceno en La Popa, Nuevo León, que aunque también sugiere condiciones tropicales (e.g., Sapindales, Myrtaceae), sus hojas carecen de puntas de goteo y son más pequeñas que las cretácicas, señalando cambios climáticos. Los paleosuelos de esta última extrañamente documentan aridez, contraponiendo lo que las plantas proponen; esta ambigüedad puede conciliarse postulando estacionalidad influyendo en la fenología de las plantas. Otro ejemplo se basa en la flora del Oligoceno de la región de Tepexi de Rodríguez, Puebla, interpretada como selva baja o chaparral (e.g., Anacardiaceae, Leguminosae, Rhamnaceae, Salicaceae, Berberidaceae, Rosaceae), que contrasta con la de San Juan Atzingo, Puebla, cuyas maderas atestiguan la presencia de una probable selva alta (e.g., Leguminosae, Boraginaceae), que amplía su distribución en el Mioceno hacia Tlaxcala y Chiapas (e.g. Leguminosae, Meliaceae, Lauraceae, Combretaceae). Importante en este contexto son los macrofósiles del Mioceno/Plioceno de Hidalgo que representan un bosque mesófilo (e.g., Salicaceae, Leguminosae, Platanaceae, Rosaceae). El estudio de plantas fósiles en su contexto geológico resalta la importancia de la geografía (e.g., latitud, longitud, altitud), fisiografía (e.g. orografía, hidrografía) y clima (e.g., temperatura, precipitación) para detonar procesos biológicos responsables de la biodiversidad. Los dos casos señalados evidencian como el levantamiento de la corteza continental conlleva la diversificación de los tipos de vegetación a partir de comunidades tropicales del Paleógeno, y sugieren que aunque los tipos de vegetación actual tienen larga historia, su conformación es relativamente reciente.

## PALEO-3

**CLIMA Y FLORA CON BASE EN MADERAS DE LA FORMACIÓN OLMOS (CAMPANIANO TARDÍO-MAASTRICHTIANO TEMPRANO), COAHUILA, MÉXICO**

Estrada Ruiz Emilio<sup>1</sup>, Martínez Cabrera  
Hugo I.<sup>2</sup> y Cevallos Ferriz Sergio<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>*Department of Ecology and Evolutionary  
Biology, University of Connecticut, USA*

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

emilioer@geologia.unam.mx

En años recientes el número de nuevos registros de plantas fósiles de angiospermas en México ha permitido ir entiendo el clima y diversidad de la flora del pasado. La Formación Olmos contiene tal cantidad de angiospermas que es una zona ideal para estudios de diversidad, sistemática, y especialmente reconstrucciones paleoclimáticas. Reinhard Weber (1972) reconoció un total de 60 tipos de angiospermas con base en sus maderas, hojas, frutos y flores. En los últimos tres años el Laboratorio de Paleobotánica y miembros de PASAC (Paleontólogos Aficionados de Sabinas, A. C.) recolectaron más de 50 nuevos tipos de angiospermas, por lo que en la Formación Olmos se reconocen con relativa facilidad más de 100 tipos de plantas, representadas principalmente por sus hojas. Sin embargo, parte de esta diversidad está documentada a través del estudio de maderas; entre el material descrito e identificado se encuentran plantas de *Palmae* (Arecaceae), *Lauraceae*, *Fagaceae*, *Malvaceae*, *Cornaceae* y cf. *Anacardiaceae*. Análisis de fisonomía de la madera usando regresiones lineales indica que la Formación Olmos se desarrolló bajo un régimen caracterizado por Temperatura Media Anual de 21 a 24°C, y con una Precipitación Media Anual de 4m. por año. Estos resultados son

apoyados por la incidencia de maderas sin desarrollo de anillos de crecimiento, vasos grandes y solitarios, y placas de perforación simple que son caracteres mejor representados en zonas o lugares tropicales con humedad alta. El estudio de las hojas muestra que más del 70% presentaban margen entero y ápice atenuado (punta de goteo), sugiriendo temperatura y precipitación similar al obtenido por las maderas. En conjunto los resultados apoyan que la flora de la Formación Olmos formó parte de una comunidad similar a la selva paratropical. La presencia de esta comunidad seguramente será importante como punto de partida para la selección y establecimiento de otros tipos de selvas, bosques, y aun de zonas áridas durante el Cretácico Superior y Cenozoico. Documentar a este tipo comunidades del pasado permitirá discutir y reconocer procesos ecológicos, adaptativos y de asociación florística, e incitan para buscar como se transita de una comunidad a otra.

Sesión Regular

# **Sedimentología y Estratigrafía**

Organizadores:

Grijalva Noriega

Rogelio Monreal Saavedra

SED-1

### SEDIMENTOLOGIA Y TRANSPORTE SEDIMENTARIO EN LOS AMBIENTES DE PLAYA Y PLATAFORMA INTERNA EN BAHÍA SAN LUCAS, BCS, MÉXICO

Navarro Lozano José Octavio, Nava Sánchez Enrique  
H., Godínez Orta Lucio y Murillo Jiménez Janette

*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN*

jnavarro@ipn.mx

Bahía San Lucas es muy dinámica, debido a su posición geográfica, en donde interactúan las condiciones hidrodinámicas del Océano Pacífico y el Golfo de California. El objetivo de este trabajo es conocer dicha dinámica mediante el análisis sedimentológico, geomorfológico y mineralógico de los distintos ambientes sedimentarios costeros presentes en la bahía. Los resultados muestran que la morfodinámica en la bahía es controlada por los procesos terrestres de avenidas torrenciales, flujos de escombros y flujos de corrientes. Mientras que en la parte marina los procesos costeros que actúan son el oleaje de swell y las corrientes litorales, los cuales se encargan de redistribuir el sedimento de la desembocadura del arroyo el Salto, en donde se forma un pequeño delta, sobre la angosta plataforma interna y los tributarios del cañón submarino. Este delta estacional no presenta un desarrollo completo debido a la fuerte energía del oleaje que actúa sobre el y a la presencia del cañón submarino. El análisis sedimentológico del sedimento de la plataforma interna muestra el control que ejerce el cañón submarino en los patrones de distribución dentro de la bahía, los cuales presentan pequeñas subceldas controladas por la topografía marina y la refracción del oleaje. Por otro lado, la presencia de los espigones en la parte más protegida de la bahía gobierna el comportamiento sedimentológico de las playas adyacentes. El contenido mineralógico del sedimento muestra que las principales fuentes de abastecimiento en la bahía se presentan en dos zonas: (1) Punta Cabeza de Ballena, y (2) desembocadura del arroyo El Salto. El contenido de micas en el sedimento muestra que el transporte neto dentro de la bahía es del este-sureste hacia el oeste-suroeste.

SED-2

### SEDIMENTOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA DE LOS ABANICO-DELTAS EN BAHIA DE LORETO, BCS, MÉXICO

Navarro Lozano José Octavio, Nava Sánchez Enrique  
H., Godínez Orta Lucio y Murillo Jiménez Janette

*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN*

jnavarro@ipn.mx

Las condiciones tectónicas y climáticas en el área de Loreto han permitido el desarrollo de cinco abanico-deltas. Estos presentan rasgos importantes que reflejan el efecto que ha ejercido sobre ellos el control climático. El objetivo de este trabajo es el de conocer y entender los procesos sedimentarios y su relación morfológica en esos ambientes de deposición. Para ello, se realizó el análisis sedimentológico y geomorfológico de la zona subaérea y subacuosa de los abanicos. Se encontró que los procesos de transporte de mayor importancia en la zona subaérea son: (1) los flujos de escombros, asociados a las zonas con pendiente fuerte, principalmente en la parte alta de las cuencas hidrográficas; y (2) los flujos de escombros, por inundación de la zona de la planicie aluvial. La morfología del frente de los abanico-deltas muestra el control que ejercen en

ellos las corrientes litorales que generalmente son de norte a sur. Los abanicos de la zona norte presentan una forma más lobulada en comparación con la morfología del abanico-delta El Zacatal que es más recta. Una vez depositado el sedimento en el frente del delta, éste es redistribuido por las corrientes litorales y el oleaje. Se observó que la parte norte de los abanicos tiende a la erosión, mientras que la parte sur a la deposición. También, el sedimento de la plataforma interna muestra que la dinámica es más fuerte en la parte norte de la bahía que en la parte sur. Lo anterior se relaciona con la orientación de la bahía, la presencia de las islas Coronado y Carmen, la cuenca marina Carmen y la disminución del ancho de la plataforma interna que disminuye de norte a sur.

SED-3

### LOS SEDIMENTOS CONTINENTALES (FORMACIÓN JUCHIPILA) EN LA REGIÓN ENTRE APOZOL Y TABASCO, ZACATECAS

Aranda Gómez José Jorge<sup>1</sup>, Carranza Castañeda Oscar<sup>1</sup>,  
Cervantes Corona Jorge<sup>2</sup>, Wang Xiaoming<sup>3</sup>, Tseng Zhijie  
Jack<sup>4</sup>, Troncoso Altamirano Hilda<sup>5</sup> y Chávez Cabello Gabriel<sup>6</sup>

<sup>1</sup>*Centro de Geociencias, UNAM*

<sup>2</sup>*Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM*

<sup>3</sup>*Natural History Museum of Los Angeles County*

<sup>4</sup>*University of Southern California, USA*

<sup>5</sup>*Asesor en Preparación de Material  
Fósil, San Miguel de Allende, Guanajuato*

<sup>6</sup>*Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL*

j jag@seervidor.unam.mx

El nombre informal "formación Juchipila" se ha empleado para designar a los sedimentos continentales que rellenan parcialmente al graben de Juchipila. La formación Juchipila (Mioceno tardío – Plioceno temprano) fue estudiada en Zacatecas, entre los poblados de Moyahua y Apozol, en donde es una secuencia compleja, con un espesor mínimo de 200m, compuesta por capas de caliza de agua dulce, claystone, mudstone y siltstone calcáreos, intercaladas con sedimentos epiclástico-volcánicos (arenisca y conglomerado) y con algunos horizontes delgados de tobas félsicas de caída. Estas litologías representan medios ambientes de depósito lacustre, fluvial y de abanico aluvial en una fosa tectónica con rumbo NNE, en el extremo sudoriental de la Sierra Madre Occidental.

En el área estudiada, al norte de Apozol, la formación Juchipila está bien expuesta al occidente de la Presa Achoquén. Ahí la secuencia consiste, de la base a la cima, de de capas masivas (1-5 m) de claystone tobáceo calcáreo color verde, con algunas capas más delgadas (0.2m), y mejor litificadas de claystone calcáreo blanco con ostrácodos y gasterópodos abundantes. En la base de la sección estudiada, se encuentra una capa delgada (0.2 a 0.3m) de toba félsica de caída, de grano muy fino, sin litificar, compuesta principalmente por vidrio vesiculado color crema y fragmentos de obsidiana negra. Conforme se asciende estratigráficamente, las capas de claystone verde alternan con claystone y mudstone tobáceos, color rojo pálido con motas color verde y con estratos aislados de arenisca volcánicla de grano fino a medio, finamente laminada, que en sitios presenta convoluted bedding y/o gradación normal. A partir de la primera capa de arenisca volcánicla desaparecen los horizontes con ostrácodos y moluscos y la cantidad de claystone y mudstone rojo aumenta, haciéndose la litología gradualmente de grano ligeramente más grueso. Más arriba se

presentan capas resistentes a la erosión de arenisca de grano medio a grueso, con horizontes conglomeráticos con clastos de grano muy fino (< 1cm), poligmíticos, de roca volcánica. La arenisca localmente presenta estructuras sedimentarias como convoluted bedding, bioturbación, estratificación gradada normal, estratificación cruzada, canales someros (de varios metros de ancho y unas decenas de centímetros de espesor) con estratificación cruzada interna y capas con estructura "splay and fade". Asociados a estas capas de arenisca, a veces hay horizontes delgados ricos en arcilla que son interpretados como paleosuelos. Tanto en las capas de arenisca como en los paleosuelos se encuentran fósiles de vertebrados de Henfiliano temprano. Cerca de la cima del depósito, la cantidad de arenisca conglomerática aumenta, así como el tamaño promedio de los clastos de grava (hasta 5cm), mientras que disminuyen las capas de mudstone y siltstone calcáreos. Como un todo, la secuencia es coarsening upwards y en su cima las evidencias inequívocas de sedimentación en un ambiente lacustre (capas con ostrácodos) disminuyen, mientras que los sedimentos con fósiles terrestres aumentan. La base de la sección fue acumulada en un ambiente lacustre abierto, mientras que la cima representa ambientes lacustres cercanos a la costa o en la costa, que se intercalan con sedimentos de delta fluvial.

SED-4

#### **MASTOFAUNA DEL TERCIARIO TARDÍO DE LA FORMACION JUCHIPILA, ESTADO DE ZACATECAS Y SU CORRELACIÓN BIOESTRATIGRÁFICA CON LAS FAUNAS DEL CENTRO DE MÉXICO**

Carranza Castañeda Oscar<sup>1</sup>, Wang Xiaoming<sup>2</sup>,  
Aranda Gómez José Jorge<sup>1</sup>, Jack Tzeng Zhijie<sup>3</sup>,  
Troncoso Altamirano Hilda<sup>4</sup> y Cervantes Corona Jorge<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Natural History Museum of Los Angeles County

<sup>3</sup>University of Southern California, USA

<sup>4</sup>Asesor en Preparación de Material Fósil, San Miguel de Allende, Guanajuato

carranza@geociencias.unam.mx

Los mamíferos fósiles contenidos en las secuencias estratigráficas de las cuencas sedimentarias del Terciario tardío son excelentes indicadores del ambiente, también son importantes para comprender el origen y evolución geológica de las cuencas, fechar las deformaciones y eventos volcánicos (cuando no hay minerales susceptibles de proporcionar edades isotópicas confiables), y para establecer correlaciones entre diferentes cuencas sedimentarias.

En este trabajo, se exponen los resultados de las investigaciones realizadas en la cuenca de Juchipila, estableciendo la correlación de la fauna asociada recolectada en los sedimentos de la formación Juchipila con faunas del centro de México.

Entre el material fósil recolectado se cuenta un elemento poscraneal de un posible Pliometanastes, inmigrante neotropical representante de la familia Megalonychidae, este es el segundo registro en México.

Los équidos, son el material mas abundante en la fauna, de estos se recolectó un cráneo casi completo de *Dinohippus mexicanus*, que contiene M3/P2/ del maxilar derecho y M3/P4/ del lado izquierdo, además de vértebras. Por su estado de preservación, este espécimen es el mejor conservado y

completo que se conoce en faunas del Henfiliano en México. También se recolectó una mandíbula de *Dinohippus* con m/3-p/2 del lado derecho, c/1 con los incisivos completos, además de diferentes molares superiores e inferiores, y elementos poscraneales. Asociados, se encontraron molares aislados de *Neohipparion eurystyle* y en especial numerosos molares aislados superiores e inferiores de *Calippus hondurensis*.

En diferentes localidades dentro de la cuenca, se recolectaron elementos poscraneales y un molar superior de *Teleoceras fossiger*. Un fragmento de maxilar con parte del P4/ y de el M3/ de *Borophagus secundus*. Los proboscidos, están representados por múltiples fragmentos de molares superiores e inferiores, además de colmillos inferiores que presentan una ancha banda de esmalte, los caracteres de los molares sugieren que corresponde a un gonfoteridio.

Los artiodáctilos están representados por molares aislados superiores e inferiores, además dos fragmentos de cráneo de antilocápridos, el estudio preliminar los refieren al género cf. *Cosoryx*, siendo el primer registro en faunas del Terciario tardío de México.

Los équidos *Dinohippus mexicanus* y *Neohipparion eurystyle*, están frecuentemente asociados en las faunas del Henfiliano de México. La coexistencia de *D. mexicanus* y *Calippus hondurensis*, en la fauna de Juchipila, constituye el primer reporte de esta comunidad de équidos en las faunas de México. La presencia de *Borophagus secundus*, *Teleoceras fossiger* con *Calippus hondurensis*, determinan la edad de la fauna de Juchipila al Henfiliano temprano.

La presencia de *Calippus* considerado índice estratigráfico del Henfiliano temprano en la fauna de Juchipila, permite establecer correlaciones con las faunas de Zietla en el estado de Hidalgo, La Presa, estado de Guanajuato, Santo Domingo en la cuenca de Colotlán-Tlaltenago, estado de Zacatecas y con la fauna de Teocaltiche en el estado de Jalisco. Este género, nunca se ha mencionado en las faunas del Henfiliano tardío de San Miguel de Allende (Rancho el Ocote, Rinconada y Arroyo Tepalcates), ó en la fauna de Tecolotlán, ambas asignadas al Henfiliano tardío (4.8 Ma, edad de fission track obtenida en cenizas intercaladas con los estratos portadores de fósiles).

SED-5

#### **MICROFACIES DEL APTIANO-ALBIANO, SIERRA EL MULATO, DURANGO**

Monreal Rogelio<sup>1</sup>, Longoria Jose<sup>2</sup>, Calles Montaña  
Jesus Daniel<sup>3</sup> y Montijo González Alejandra<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geología, Universidad de Sonora

<sup>2</sup>Florida International University

<sup>3</sup>Minera Secotec, SA. de CV.

<sup>4</sup>Universidad de Sonora

monreal@geologia.uson.mx

Las rocas del Cretácico Inferior en el Estado de Durango fueron depositadas en aguas marinas como una extensión del antiguo Golfo de México. En el área de la Sierra El Mulato localizada en el Este-Central del Estado de Durango, aflora una secuencia de tres unidades sedimentarias del Aptiano-Albiano. La primera unidad corresponde a la Formación Cupido, la segunda es referida a la Formación la Peña y la tercera a la Formación Tamaulipas. Se llevó a cabo el estudio de las microfácies de esta secuencia en base al contenido de microfósiles, entre los que



destacan calpionélidos, radiolarios, foraminíferos planctónicos y fragmentos de corales, ya que estos son de gran utilidad en la identificación de ambientes de depósito.

El análisis de microfacies muestra que la parte superior de la Formación Cupido contiene una gran variedad de tipos de microfacies. Las texturas de las rocas carbonatadas varían de mudstone a grainstone, y contienen abundantes microfósiles entre los que destacan los foraminíferos bentónicos, fragmentos de corales y de moluscos, así como intraclastos y ooides. Esta Unidad fue depositada en ambiente marino nerítico con desarrollo ocasional de ambientes lagunares.

La Formación La Peña esta constituida por mudstone y wackestone con un contenido variado de aloquímicos, siendo los mas importantes los foraminíferos bentónicos y planctónicos, radiolarios, calciesferas y fragmentos de moluscos. La Peña fue depositada en ambiente marino nerítico exterior a pelágico, por lo que ésta representa el inicio de un evento transgresivo en el noreste de México, que inició al final del Aptiano temprano y durante el Albiano.

La Formación Tamaulipas se caracteriza por mudstone y wackestone con abundantes microfósiles principalmente de foraminíferos planctónicos, foraminíferos bentónicos, calpionélidos, radiolarios, calciesferas y ostrácodos.

De acuerdo a las microfacies se infiere que los ambientes de depósito de esta unidad representan ambientes que van desde marinos nerítico exterior a mar abierto pelágico.

En base a la presencia de foraminíferos bentónicos y calpionélidos esta secuencia se asigna al Aptiano inferior-Albiano inferior.

SED-6

### **RELACIONES ESTRATIGRÁFICAS EN LA ZONA TRANSICIONAL ENTRE LA CUENCA MESOZOICA DEL CENTRO DE MÉXICO Y LA PLATAFORMA VALLES - SAN LUIS POTOSÍ**

López Doncel Rubén

*Instituto de Geología, UASLP*

rlopez@uaslp.mx

En la zona transicional entre la plataforma Valles – San Luis Potosí (PVSLP) y la Cuenca Mesozoica del Centro de México (CMCM) ocurrieron ya desde el Aptiano sincrónicamente por un lado una serie de depósitos autóctonos de aguas profundas y por otro lado depósitos masivos de aguas someras los cuales coexistieron dentro de las llamadas facies mixtas en la zona transicional entre ellas hasta finales del Cretácico. Acompañados con la evolución de estas zonas de depósito ocurren, teniendo como control de los depósitos las variaciones del nivel eustático, progradaciones, reto-gradaciones hasta agradaciones de las plataformas, así como un aumento o disminución en la profundidad de las zonas de aguas profundas, modificando marcadamente el área “acomodamiento” dentro de la cuenca. Estas migraciones de los cinturones faciales provocan sobreposición, intercalación y hasta yuxtaposición entre ellos, lo cual dificulta entender tanto espacial como temporalmente sus relaciones estratigráficas.

Estudios faciales, estratigráficos, paleontológicos y sedimentológicos realizados a las rocas involucradas durante el desarrollo y evolución de ésta zona transicional muestran importantes resultados en la clarificación de sus relaciones estratigráficas.

Estudios realizados en calizas micríticas de aguas profundas de edad aptiana muestran ser sincrónicas con microbrechas calcáreas de las Sierras del Coro y de Álvarez pudiendo comprobar la existencia de una zona talud primitivo de esa edad determinado a partir de colomiellas tanto en la matriz de las calizas de aguas profundas, así como en intraclastos, la cual no había sido reportada. Fue posible determinar que el desarrollo inicial de la PVSLP fue en forma de rampa, donde justo en el límite con el Albiano evolucionó con los primeros cuerpos arrecifales que bordearon irregularmente a una plataforma (Formación El Abra). Sobre las capas aptianas y de acuerdo al análisis de calizas arcillosas de la cuenca (Formación Cuesta del Cura) y brechas del talud que contienen extraclastos con colomiellas y rica en bioclastos de *mexicaprina* sp., fue posible fijar claramente el Albiano, con lo cual fue posible determinar capas transicionales aptianas, albianas y cenomanianas (Formación Tamabra Inferior). Gracias a el reconocimiento de *Vaccinites* sp en brechas calcáreas emplazadas en capas arcillosas fue posible prolongar las facies arrecifales de la Formación El Abra hasta por lo menos el Campaniano.

SED-7

### **NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA DE LAS SECUENCIAS VOLCANOSEDIMENTARIAS DEL CRETÁCICO SUPERIOR EN SONORA**

Grijalva Noriega Francisco Javier, Monreal Rogelio, Almazán Vázquez Emilio, Montijo González Alejandra, Minjarez Sosa Ismael y Amaya Martínez Ricardo

*Departamento de Geología, Universidad de Sonora*

*grijalva@geologia.uson.mx*

Los afloramientos del Cretácico Superior volcanosedimentario en Sonora se tienen ampliamente distribuidos en la porción centro-este del mismo, y están representados por flujos volcánicos de composición andesítica-dacítica, rocas volcánicas de la misma composición y rocas sedimentarias detríticas y carbonatadas. Si bien es cierto que la nomenclatura estratigráfica de estas secuencias está dominada por unidades informales, los elementos estratigráficos que se presentan para la Formación Tarahumara y la Formación Mesa (espesores, descripciones litológicas detalladas, relaciones estratigráficas, columnas y localidades tipo y fechamientos radiométricos), así como en los medios en las que han sido publicadas, nos permiten establecer que son éstas las dos unidades litoestratigráficas más representativas y que pueden ser consideradas como formales.

En el arroyo El Obispo (Sonora centro-este) la Formación Tarahumara está constituida por rocas volcánicas y volcánicas de composición intermedia, las cuales incluyen un miembro medio sedimentario de 100 metros de espesor con calizas lacustres fosilíferas, pedernal y areniscas volcánicas. En Sierra Azul (Sonora centro-norte) la Formación Mesa está caracterizada por rocas volcánicas (tobas, brechas) y flujos andesítico-dacíticos, que incluye un miembro medio sedimentario de 580 metros de espesor dominado por conglomerados y areniscas fluviales. Esta diferencia litológica en el miembro sedimentario constituye un elemento importante para definir la identificación de una u otra unidad en los diferentes afloramientos del Cretácico Superior volcanosedimentario en Sonora.

Los afloramientos reportados en las localidades de Huépac, Banamichi, Sierra Los Chinos y Sierra Oposura, presentan el miembro carbonatado en la secuencia, por lo que se considera que deben ser referidos como afloramientos de la Formación Tarahumara. Mientras que en el Rancho San Antonio, Bacanuchi,

Milpillas, Cananea y Nacozari, las secuencias están dominadas por rocas volcánicas y/o rocas detríticas sin calizas, identificándose con esto que deben ser referidas a la Formación Mesa.

Debido a estas consideraciones, es posible definir geográficamente una línea regional, mas o menos en el paralelo 30°, que divide los afloramientos de estas unidades en Sonora, la Formación Mesa al norte y la Formación Tarahumara al sur.

SED-8

### EDAD DEL ESQUISTO ALTAR Y LA DEFORMACIÓN CRETÁCICA EN LA REGIÓN DE CABORCA-ALTAR, NOROESTE DE SONORA

Jacques Ayala César<sup>1</sup>, Barth A. P.<sup>2</sup>,  
Jacobson C. E.<sup>3</sup> y Roldán Quintana Jaime<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Geología, UNAM*

<sup>2</sup> *Department of Earth Sciences Indiana University-Purdue University Indianapolis*

<sup>3</sup> *Geological and Atmospheric Sciences, Iowa State University*

jacques@servidor.unam.mx

Las edades obtenidas por medio de U-Pb en circones de esquistos, sedimentos volcánicos y rocas graníticas indican que la sedimentación cretácica fue seguida por una deformación regional durante el Cretácico Tardío. Las facies de esquistos verdes del complejo El Batamote (Esquisto Altar de Damon et al., 1962) proporcionan edades de K-Ar y Rb-Sr que sugieren una edad cretácica o terciaria (Damon et al., 1962; Hayama et al., 1984) y las hace potencialmente correlativas con rocas metamórficas expuestas en el SE de California y SW de Arizona. Edades de U-Pb en circones obtenidas recientemente sugieren que el Esquisto Altar es cronocorrelativo con el Grupo el Chanate y posiblemente con algunas partes del Grupo Bisbee. Cinco muestras tomadas del Grupo el Chanate, en la localidad tipo de la sierra del mismo nombre, contienen circones de edades del Mesozoico y del Arqueano. Los circones más jóvenes definen un intervalo depositacional desde aproximadamente 105 hasta 74 Ma. Es consistente con las edades del Grupo Bisbee, del Aptiano-Albiano que subyace a El Chanate y la edad de 72 Ma del complejo volcánico El Charro, que le sobreyace. Muestras de meta-areniscas colectadas en el complejo El Batamote y del Esquisto Altar, en la cercanía de Altar, contienen circones de hasta 74 Ma, con lo cual se documenta que, al menos en parte, el protolito de arenisca y conglomerado es de edad Cretácico Tardío. El complejo El Batamote y el Esquisto Altar fueron deformados durante una contracción en dirección noreste, antes de la intrusión de la granodiorita Pitiquito, de 74 Ma. La edad y estilo de sedimentación y deformación del complejo El Batamote, del Esquisto Altar y del Grupo el Chanate sugieren una relación estrecha con la Formación McCoy Mountains y unidades relacionadas del sureste de California y suroeste de Arizona

SED-9 CARTEL

### ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO, PETROGRÁFICO Y GEOQUÍMICO DE SEDIMENTOS CLÁSTICOS EN EL NORESTE DE MÉXICO: RESPUESTAS Y PREGUNTAS

Jenchen Uwe<sup>1</sup>, Porras Vázquez Herminia Berenice<sup>2</sup>, Rubio Cisneros Igor Ishi<sup>1</sup>, Álvarez Molina Juan Baudilio<sup>3</sup>, Martínez López María de Jesús<sup>1</sup>, Suárez Galván Mario Alberto<sup>4</sup>, López Elizondo Oziel Hervey<sup>5</sup> y Ocampo Díaz Yamzul Ernesto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL*

<sup>2</sup> *Schlumberger*

<sup>3</sup> *Net-Brains de México*

<sup>4</sup> *Monclova Pirineos Gas, S.A. de C.V.*

<sup>5</sup> *Instituto Mexicano del Petróleo*

jenchen@prodigy.net.mx

La evolución estratigráfica y estructural del Noreste de México durante el Mesozoico, revela una historia geológica compleja, relacionada con la apertura del Golfo de México durante el Triásico Tardío – Jurásico Medio, el desarrollo de un margen pasivo que permaneció hasta el Cretácico Superior, y finalmente, con la formación de cuencas de tipo antepaís (foreland) durante el Campaniano – Maastrichtiano. Movimientos tectónicos como subsidencia de cuencas y/o, levantamiento del área fuente, se reportan especialmente en los sedimentos clásticos.

En la serie sedimentaria de la Sierra Madre Oriental se encuentran varias intercalaciones clásticas, relacionadas con la evolución de diversas áreas fuentes durante la sedimentación. Sedimentos clásticos conforman las formaciones Huizachal y La Joya (Triásico/Jurásico) en la base, también series de areniscas de las formaciones La Casita y Taraises (Jurásico/Cretácico), además del Grupo Difunta (Cretácico – Peleógeno).

Estudios petrográficos y geoquímicos dan informaciones, respuestas y preguntas sobre la evolución geotectónica del Noreste de México durante el Mesozoico.

Sesión Regular

# **Sismología**

Organizadores:  
Roberto Ortega  
Carlos Mendoza

SIS-1

## ANÁLISIS DEL CAMPO DE ONDAS EN LA ZONA DEL ANTIGUO LAGO DE TEXCOCO

Flores Estrella Hortencia C.<sup>1</sup> y Cárdenas Soto Martín<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

hflorese@gmail.com

El movimiento sísmico en la zona de lago, de la parte urbana de la Cuenca de México, está caracterizado por la amplificación del movimiento y por la presencia de trenes modulados de ondas que se presentan en la parte tardía de los registros. Estas características también se observan en el antiguo Lago de Texcoco, en la porción NE de la Cuenca de México; esta parte de la cuenca está conformada por arcillas lacustres y prácticamente no existe urbanización. En esta zona se localiza una red instrumental, denominada Texcoco (TXC), que está conformada por once acelerómetros triaxiales: seis en superficie que forman dos arreglos triangulares y cinco que forman un arreglo vertical; esta red registró el movimiento del terreno de 1997 hasta 2004.

En este estudio analizamos acelerogramas de siete eventos, con el objetivo de caracterizar la respuesta sísmica de la capa de suelo y el campo de ondas que cruza el arreglo TXC. En una primera etapa, mediante las técnicas de cocientes espectrales e interferometría sísmica, determinamos la respuesta de sitio (amplificación relativa, periodo fundamental, modelo de velocidad de ondas de corte y atenuación); posteriormente, exploramos cualitativamente los registros filtrados, en diferentes bandas de periodo, a fin de identificar los tres de ondas que se presentan en los registros. En una segunda etapa, realizamos análisis frecuencia número de onda (f-k) en un arreglo de tres estaciones, polarización de trenes de onda en registros de tres componentes y correlación entre formas de onda de los componentes del movimiento del arreglo vertical.

Los resultados obtenidos muestran que la respuesta de sitio en el arreglo TXC puede ser evaluada a partir de un modelo de dos capas, con velocidades de corte similares a las observadas en las arcillas de la zona de lago de la Ciudad de México; los valores de atenuación estimados son congruentes con aquellos determinados en pruebas de laboratorio. El análisis cualitativo de los registros muestra que: el campo de ondas está conformado por ondas superficiales, que aparecen de manera tardía en periodos alrededor de  $T_0$  (2.9 s), con amplitudes similares a la correspondiente con la parte intensa del movimiento y que se observan como batidos modulados en la coda de la señal.

El análisis f-k muestra que en periodos mayores a  $2T_0$  el campo de ondas proviene del epicentro; mientras que, para periodos entre  $T_0$  y  $2T_0$  es posible identificar direcciones de propagación diferentes a la epicentral. Por otro lado, la estimación de las velocidades de fase correspondientes está sesgada, posiblemente debido a la apertura del arreglo.

Finalmente, a partir de los análisis de polarización y de correlación de las formas de onda del arreglo vertical, pretendemos mostrar y analizar los posibles mecanismos de interacción de ondas que se producen durante la resonancia de la capa y la propagación lateral.

SIS-2

## ANÁLISIS EN SERIES DE TIEMPO Y MÉTODO F-K A PARTIR DE ARREGLOS ACELEROMÉTRICOS PARA EL VALLE DE MÉXICO

Rodríguez Abreu Luis Edgar<sup>1</sup> y Cárdenas Soto Martín<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Servicio Sismológico Nacional

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

luise@ssn.ssn.unam.mx

Se analizan los registros de 67 estaciones acelerométricas situadas en el Valle de México para el evento del 24 de Octubre de 1993 ( $M_s=6.7$ ), con epicentro 16.75 N y -98.72 W (límites entre Guerrero y Oaxaca) y con un azimut inverso de 177°. Se explora el campo de ondas que cruza el Valle de México mediante la conformación de 11 arreglos de estaciones acelerométricas. Una condición de cada arreglo consiste en que el periodo predominante del sitio ( $T_0$ ) sea común entre las estaciones del arreglo. Con esta condición se busca deslindar el efecto de resonancia de la capa de arcilla en la evaluación de velocidades y direcciones de propagación en el movimiento observado en el Valle. El análisis se llevó a cabo en dos etapas. En la primera se analizaron los registros de aceleración filtrando éstos en diferentes bandas de periodo para identificar el tipo de onda predominante. En la segunda etapa se utilizó el método frecuencia-número de onda (f-k) convencional para cada arreglo estaciones a fin de determinar direcciones y velocidades de propagación.

Los resultados del análisis en tiempo, muestran que en los registros filtrados aparecen trenes de onda monocromáticos y modulados en estaciones localizadas en zona de lago. En estaciones situadas en periodo de entre 2 y 3 s, la coda de la señal es acompañada por estos trenes de amplitud similar a trenes de onda que se presentan en la etapa del movimiento fuerte. Esta observación parece indicar que estos paquetes de onda, son el resultado de la resonancia de la capa de suelo blando. Sin embargo, trenes de onda similar se observan en las estaciones localizadas en periodos de sitio mayores de 3 s y cuyos registros fueron filtrados entre 1 y 2 s. Los resultados del análisis f-k muestran que para periodos mayores a 5 s, prácticamente todos los arreglos indican que el campo de onda proviene del epicentro y que se trata del modo fundamental de ondas superficiales. Para periodos entre 2 y 5 s, se observan rotaciones hasta de 45° con respecto a la dirección epicentral que indican que el campo de onda proviene de la dirección SW. Las observaciones indican que el campo de onda incidente en el Valle de México está compuesto por ondas que llegan desde el epicentro, así como trenes de onda producto de multitrayecto que viajan con una velocidad promedio de 2.4 km/s en la componente vertical y 3.6 km/s en las horizontales. A fin de investigar la dependencia de la estructura del subsuelo de la cuenca de México del movimiento incidente, se calcularon cocientes espectrales (H/V) para estimar el efecto de sitio en algunas estaciones rotando las componentes horizontales cada 15°, de 0° a 90°. Los resultados de estos cocientes muestran que la respuesta del sitio en la zona de lago (de 2 a 4 s de periodo), puede contener efectos en dos dimensiones (2D) debido al campo de onda incidente producto de multitrayecto.

Palabras clave: arreglos acelerométricos, multitrayecto, análisis f-k, ondas superficiales.

SIS-3

### MONITOREO DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL SEDIMENTO DEL VALLE DE MEXICO MEDIANTE INTERFEROMETRÍA SÍSMICA

Pech Pérez Andrés y Jiménez González Carlos Orlando

*Instituto Politécnico Nacional*

apech@ipn.mx

Diversos estudios han demostrado que por medio de la deconvolución de dos registros sísmicos correspondientes a dos estaciones diferentes y a un mismo sismo, es posible extraer la función de Green o la respuesta al impulso unitario, la cual caracteriza la propagación de ondas entre los receptores. También, mediante la deconvolución, es posible establecer si el medio por el que se propagan las ondas ha sido modificado.

En este trabajo, se utilizó la deconvolución de acelerogramas de pozo para estimar la respuesta sísmica del Valle de México. Para este propósito, se utilizaron dos estaciones sísmicas ubicadas en la zona del lago; los registros usados corresponden a las estaciones Roma C y Kennedy. De los registros deconvolucionados, se estimaron velocidades de propagación para ondas de corte (SH); se usaron cinco eventos registrados en el pozo Roma C, y once eventos detectados en el pozo Kennedy. En el pozo de la Unidad Kennedy, se obtuvieron velocidades efectivas de 44 y 167 m/s a 30 y 83 m de profundidad, respectivamente; mientras que en el pozo Roma, se calcularon velocidades efectivas de 60.5 m/s a 30 m de profundidad y de 253 m/s a 102 m de profundidad. Con estas velocidades, se estimaron módulos de cortante. A partir de los parámetros obtenidos y de los registros deconvolucionados, fue posible inferir que el sedimento de las zonas estudiadas ha sufrido cambios; estos pueden estar asociados a la compactación de los diversos materiales que componen el suelo donde se ubican las estaciones Kennedy y Roma.

SIS-4

### DETERMINACION DEL PARAMETRO DE DECAIMIENTO ESPECTRAL K EN LA REGIÓN NORESTE DE SONORA

Fernández Heredia Avelina Idalmis, Castro Escamilla Raúl y Huerta López Carlos

*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*

idalmis@cicese.mx

Se presentan resultados de un estudio del parámetro de decaimiento espectral kappa (K), realizado en la región noroeste de Sonora. Usamos registros de la Red Sísmica del Noroeste de Sonora (RESNES) de sismos locales de la región cercana a la falla Pitaycachi, la cual dio origen al terremoto de 1887 de magnitud  $M_w = 7.5$ .

El objetivo de este trabajo es estudiar la atenuación cercana a la superficie de los diferentes sitios de registro. El parámetro de decaimiento espectral Kappa (K), se puede descomponer en la atenuación cercana al sitio y la atenuación promedio fuente-estación, por lo que permite evaluar de manera explícita la reducción de las amplitudes cercanas a la superficie, debidas a variaciones en las condiciones geológicas bajo cada estación de registro.

Con los resultados obtenidos se determinaron curvas empíricas que describen el comportamiento del parámetro de

atenuación kappa ( $K(r,z)$ ) con la distancia. Estas curvas permiten obtener estimaciones del valor de kappa cerca de la superficie ( $K_0$ ) para cada estación analizada y para grupos de estaciones con características litológicas semejantes.

Estos resultados complementan estudios previos de atenuación realizados en la región y sirven de base para estudios posteriores. También podrán ser utilizados para realizar estimaciones más precisas del efecto de sitio, así como para aplicaciones prácticas que van desde estudios de riesgo sísmico, y efecto de amplificación local, entre otros.

Agradecimientos: La instalación y operación de red RESNES ha sido posible gracias al apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) mediante los proyectos G33102-T y 59216. También agradecemos la participación de Luis Inzunza, Antonio Mendoza y Arturo Pérez Vertti.

SIS-5

### DIFERENCIAS EN LA ATENUACIÓN DEL MOVIMIENTO SÍSMICO DEL SUELO PERPENDICULAR A LA ZONA DE SUBDUCCIÓN ENTRE COLIMA Y GUERRERO. UNA EXPLICACIÓN BASADA EN MODELADO NUMÉRICO

Cruz Jiménez Hugo y Chávez García Francisco

*Instituto de Ingeniería, UNAM*

hcj@pumas.iingen.unam.mx

En un trabajo reciente (Tejeda-Jácome and Chávez-García, 2007) se mostró que existen diferencias significativas en la atenuación del movimiento sísmico del suelo perpendicular a la costa del Pacífico entre Guerrero y Colima. Para distancias mayores a 100 km de la zona de subducción, el modelo construido usando datos de Guerrero subestima las intensidades sísmicas que se calculan para Colima usando datos locales. En este trabajo consideramos dos posibles explicaciones para esa diferencia. La primera es la distinta geometría de la subducción entre Colima y Guerrero, lo que resulta en una estructura cortical distinta entre ambas regiones. La segunda es la estructura somera debido a la presencia del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM), oblicuo a la trinchera Meso-Americana. Usamos modelado numérico 2D para ondas P-SV para investigar cual de los dos factores puede explicar las diferencias observadas en la atenuación. Nuestros resultados muestran que es la presencia del CVTM, más cerca a la costa en Colima, el que explica mejor las diferencias.

SIS-6

### MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL ÁREA CENTRO SUR DE LA ZONA CONURBADA XALAPA (ZCX)

Torres Morales Gilbert F.<sup>1</sup>, Alducin Rivas Miriam<sup>1</sup>, Rodríguez Elizarrarás Sergio<sup>2</sup>, Mora González Ignacio<sup>1</sup>, Dávalos Sotelo Raymundo<sup>3</sup>, Hernández Hernández Javier<sup>1</sup> y Miranda Tobías Julio<sup>1</sup><sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Tierra, UV<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNAM<sup>3</sup>Instituto de Ecología, A.C.

gitorres@uv.mx

La naturaleza y la distribución de los daños que se pueden producir en las infraestructuras con la ocurrencia de un sismo,

está influenciada por la respuesta del terreno frente a las ondas sísmicas, como consecuencia de lo cual se produce una modificación de la señal sísmica. La modificación de esta señal sísmica debida a la influencia de las condiciones geológicas y geotécnicas se conoce como efecto de sitio y consiste en la amplificación de dicha señal en varios órdenes de intensidad. El estudio de la respuesta sísmica del suelo es un campo de interés en el análisis de riesgo sísmico y en el diseño de estructuras.

En este trabajo se presentan resultados preliminares obtenidos en un proyecto desarrollado en el Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana (CCTUV), financiado por los Fondos Mixtos CONACYT-Gobierno del Estado de Veracruz, denominado "Microzonificación de Peligros Geológicos para la Zona Conurbada Xalapa (ZCX)". Estos resultados consisten en la integración de información para el área centro-sur de la ZCX en un sistema de información geográfica (SIG), obteniendo mapas con las principales características del área centro-sur de la ZCX.

Además, se realizaron más de 200 puntos de registros de vibración ambiental en toda la ZCX, tomando mayor densidad de puntos en el área centro-sur, con lo que se considera que las características dinámicas y de efecto de sitio de esta área se tienen definidas. Simultáneamente, se realizó la instalación de dos estaciones de monitoreo sísmico permanente, donde se utilizaron sismómetros de banda ancha marca guralp modelo CMG-6TD, registrando en continuo las 24 horas, posteriormente se logró tener hasta ocho estaciones de monitoreo sísmico permanente gracias a otros equipos adquiridos por el CCTUV para otros proyectos, instalando estas estaciones principalmente en el área centro-sur de la ZCX, con lo que se pudo corroborar los resultados obtenidos mediante vibración ambiental.

Con los resultados obtenidos del análisis espectral de los registros sísmicos y de vibración ambiental se alimentó el SIG y se logró obtener mapas de interpolación de estos puntos, obteniendo mapas de isofrecuencias, isoperíodo además de un mapa de amplificación dinámica respecto a terreno firme en la zona en estudio. Estos resultados se comparan con los mapas geológico-geotécnicos obtenidos en la ZCX observando correlación entre ambos resultados.

SIS-7

### ANÁLISIS DE REGISTROS SÍSMICOS EN UNA RED VERTICAL EN AEGION, GRECIA, PARA ESTUDIAR EFECTOS DE SITIO

Ktenidou Olga Joan<sup>1</sup>, Chávez García Francisco<sup>1</sup> y Pitilakis Kyriazis<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Universidad Aristóteles de Tesalónica, Grecia

ktenidou@civil.auth.gr

Se analizaron datos sísmicos registrados en un sitio en Grecia, al sur del golfo de Corinto, en la ciudad de Aegion. Se usaron datos de la red CORSSA (COrinth Soft Soil Array) de 5 acelerógrafos -1 en superficie y 4 a profundidades de 14m, 31m, 57m, y 178m. Esta red se localiza en una región geológicamente compleja, con varios estratos de suelos blandos irregulares sobre una base de roca a 160m de profundidad. La frecuencia fundamental en este sitio es de 1.0 Hz, evaluada mediante cocientes espectrales.

Se escogieron 4 eventos bien registrados en todas las estaciones de la red, con características (contenido de frecuencia, duración, distancia) diferentes. Para cada evento, se correlacionaron los registros de cada estación del arreglo

vertical con la estación superficial (0m), con la estación en la roca (178m), y con las estaciones vecinas. La correlación se hizo para todos los registros, divididos en ventanas de 10 seg, en función de la frecuencia y el tiempo a lo largo del registro. La dependencia con la frecuencia se obtuvo mediante el filtrado pasa banda de los registros. El análisis permitió determinar que la propagación vertical de ondas S domina los primeros segundos de la señales. Para tiempos posteriores, los retrasos medidos permiten mostrar que los registros están dominados por ondas superficiales. Alrededor de la frecuencia fundamental del perfil, se observan retrasos muy pequeños, lo que indica que la resonancia en el sitio está gobernada por la presencia de ondas superficiales, las cuales no aparecen en los registros de la estación en roca. Esto demuestra que se trata de ondas superficiales generadas localmente por las heterogeneidades laterales.

SIS-8

### RESPUESTA SÍSMICA DE SITIO EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ OBTENIDA A PARTIR DE REGISTROS DE MICROTREMORES

Montalvo Arrieta Juan Carlos<sup>1</sup>, Gómez González Juan Martín<sup>2</sup>, Ramírez Suárez Jesús Ángel<sup>1</sup>, Luque Vergara Nestor<sup>2</sup> y Barboza Gudiño Rafael<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, UNAM

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

montalvo@fct.uanl.mx

Se presentan resultados de la determinación de amplificaciones relativas y frecuencias dominantes en la zona centro de la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., obtenidas a partir del registro de microtremores con base en el cálculo de cocientes espectrales H/V. El valle de San Luis Potosí, se encuentra ubicado en la provincia de la Mesa Central. La ciudad se encuentra enclavada en una cuenca rodeada por sierras y lomeríos, constituidos por rocas volcánicas del Terciario Medio, al oeste, suroeste y norte y rocas sedimentarias marinas al este. El valle se caracteriza por una extensa planicie constituida por intercalaciones de depósitos volcánicos, material aluvial y lacustre. La información geológica obtenida a partir de datos de pozos permite identificar dos depresiones tectónicas conocidas como la zona de Peñasco y San Luis. El relleno sedimentario varían en ambas y alcanza profundidades máximas de hasta 350 m en la zona de Peñasco y de 500 a 570 m en la depresión de San Luis. Estas depresiones se encuentran separadas por un alto estructural de la Latita Portezuelo. Las mediciones de microtremores se llevaron a cabo en dos campañas de medición durante diciembre de 2007 y junio de 2008. En cada sitio de medición se tomaron dos ventanas de registro de 30 y 20 minutos, respectivamente. Para el análisis de los datos, se obtuvieron 20 ventanas de ruido sísmico con una longitud de 60 s. A partir del promedio de estas ventanas se calcularon los cocientes espectrales H/V, mismos que fueron filtradas entre 0.1 y 20 Hz y suavizadas con un taper cosenoidal. Los cocientes espectrales muestran variaciones en las amplitudes máximas relativas en el rango de 0.2 a 1.0 Hz. Estas variaciones se correlacionan bien con los espesores observados de los rellenos aluviales localizados en el valle de San Luis Potosí.

SIS-9

### ESTUDIO DE EFECTOS DE SITIO DEL VALLE ALUVIAL WAINUIOMATA, NUEVA ZELANDA, USANDO UN ARREGLO DE ESTACIONES

Ávila Dorador Lizbeth<sup>1</sup>, Stephenson William R.<sup>2</sup> y Chávez García Francisco<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Institute of Geological and Nuclear Sciences, Ltd.

bethdorador@hotmail.com

A finales del año 2000, se instaló una red sísmica temporal en el valle de Wainuiomata, Nueva Zelanda. El objetivo del experimento era proporcionar una base experimental para investigar la relación entre las características geométricas y mecánicas de la cuenca y la amplificación del movimiento del terreno. Esta información servirá de guía para explorar otras cuencas con características físicas y geológicas similares: sedimentos lacustres, contraste de impedancia grande y que presenten amplificación al paso de ondas sísmicas generadas por un sismo. La red estaba constituida por 16 sismógrafos de velocidad (13 en suelo y 3 en roca). La distancia entre estaciones fue en promedio 100 m y el intervalo de muestreo fue de 0.01 s. El basamento es de arenisca (grauwaca alterada). El sitio presentaba evidencia de movimiento monocromático de larga duración, clave en el fenómeno de la amplificación. Las magnitudes locales de los sismos van desde 3.1 hasta 5. El objetivo de nuestro trabajo es estudiar el fenómeno de propagación de las ondas en las cuencas aluviales, analizando registros de temblores.

Evaluamos la amplificación del suelo usando cocientes espectrales (SSR y HVSR). Calculamos los cocientes espectrales para determinar las frecuencias predominantes y la amplificación del movimiento del terreno. Encontramos dos picos en 0.8 y 1.1 Hz (en algunas estaciones aparece un pico después de 4.5 Hz). La amplificación en el terreno es de más de 8 y en algunos casos hasta de 10 en las frecuencias de 0.8 y 1.1 Hz. Determinamos las frecuencias predominantes y la amplificación del movimiento del terreno con métodos empíricos de la estación de referencia (SSR) y cocientes espectrales usando los componentes horizontales sobre el vertical (HVSR). Identificamos dos picos sobresalientes en 0.8 y 1.1 Hz (en algunas estaciones aparece un pico después de 4.5 Hz).

Mediante los espectros f-k, calculamos velocidades de fase y direcciones de propagación para identificar trenes de onda superficiales coherentes espacialmente dentro del valle. Se observaron ondas Rayleigh y Love en todos los registros que se propagan hacia el sur del valle. Las velocidades de fase están entre 1600 y 400 m/s para la banda de frecuencias de 0.5-5.0 Hz y son independientes de la distancia entre la fuente y el arreglo.

La excitación en sitios resonantes constituidos por material blando debida a las ondas superficiales que arriban, proporciona un mecanismo para explicar la duración prolongada del movimiento, y el daño extremo a menudo asociado con la respuesta de dichos suelos con sismos lejanos. En los eventos con distancia epicentral mayor se generó un mayor número de ondas superficiales con amplitudes mayores a los eventos locales. El rango de frecuencias donde se presenta la propagación de dichas ondas coincide con la frecuencia de resonancia del sitio (alrededor de 1 Hz). Los efectos 2D y 3D generados tanto por las heterogeneidades laterales como por la geometría del valle, no pueden separarse por completo

de los efectos 1D. En Wainuiomata los efectos de sitio son determinantes en las características del movimiento del terreno.

SIS-10

### VEOX: A GLIMPSE TO THE SEISMIC STRUCTURE ALONG THE ISTHMUS OF TEHUANTEPEC

Pérez Campos Xyoli<sup>1</sup>, Melgar Moctezuma Diego<sup>2</sup>, Kim YoungHee<sup>3</sup>, Clayton Robert<sup>3</sup> y Iglesias Arturo<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

<sup>3</sup>Seismological Laboratory, California Institute of Technology

xyoli@geofisica.unam.mx

In 2004, the MesoAmerican Subduction Experiment (MASE) began with a transect of 100 broadband stations from Acapulco at the Pacific coast to Tempoal, close to the Gulf of Mexico, crossing by Mexico City. The results of this line show the horizontal subduction of the Cocos plate under the North American plate for 250 km, followed abruptly by a dive into the mantle to a depth of 450 km. In 2007, we began the second stage of the MASE project, called the VEOX line, in which we installed 46 broadband stations along the Isthmus of Tehuantepec, from Montepío, Veracruz, at the Gulf of Mexico, to San Mateo del Mar, Oaxaca, at the Pacific coast. We present preliminary results from receiver functions of teleseismic data that show a sharp Moho that is shallower towards the coasts (~30 km) and deeper at the center (~45km). As expected, the Cocos plate plunges into the mantle with a constant dip; however, the oceanic crust discontinuities do not exhibit a strong signal in the receiver functions. Further results will help to delineate the geometry of the Cocos plate along the new line and will allow the comparison of the subduction process in a different geometry.

SIS-11

### ANISOTROPIA DE LA ONDA SKS EN EL MANTO SUPERIOR DEBAJO DEL ARREGLO VEOX

Bernal Díaz Alberto<sup>1</sup>, Valenzuela Wong Raúl<sup>2</sup>, Pérez Campos Xyoli<sup>2</sup>, Iglesias Arturo<sup>2</sup> y Clayton Robert<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Seismological Laboratory, California Institute of Technology

raul@ollin.igeofcu.unam.mx

Calculamos los parámetros que describen la anisotropía del manto superior debajo de estaciones de banda ancha usando registros de ondas SKS. Los parámetros que se usan para cuantificar la anisotropía son el tiempo de retardo (dt) y la dirección de polarización de máxima velocidad (fi).

La anisotropía se calcula con la técnica de Silver y Chan [1991]. Se escoge un segmento de tiempo que contenga a la onda SKS en las componentes norte-sur y este-oeste. A continuación se hace una búsqueda en el espacio de posibles soluciones variando fi entre valores de -90 y 90 grados. Se rotan los ejes coordenados en incrementos de 1 grado. Por cada valor de fi que se prueba, se explora también el espacio de tiempos de retardo (para valores plausibles) en incrementos de 0.05 seg. y se calculan la autocorrelación y la correlación cruzada de las

dos componentes. Se calculan los valores característicos que corresponden a cada combinación de  $d_t$  y  $f_i$ . Como los registros también contienen ruido, la solución buscada viene dada por la matriz que sea más cercana a la matriz singular. Para checar los resultados se aplica una corrección a los registros originales con los valores obtenidos de  $d_t$  y  $f_i$  y se rotan para comprobar que los parámetros calculados pueden eliminar la anisotropía. A fin de asegurarse que el resultado obtenido es confiable, se comparan las formas de onda y las diferencias en el tiempo de llegada para las ondas rápida y lenta. Como una comprobación más, se grafica la polarización del movimiento radial y transversal de las partículas antes y después de aplicar la corrección.

Se utilizaron registros del perfil Veracruz-Oaxaca (VEOX) el cual se compone de 46 estaciones que recorren el Istmo de Tehuantepec de norte a sur. Este arreglo entró en operación a mediados de 2007 y seguirá funcionando hasta mediados de 2009. Se presentan resultados preliminares de anisotropía empleando los datos del sismo ( $M_w = 7.8$ ) del 9 de diciembre de 2007 al sur de las Islas Fiji.

SIS-12

### LA ESTRUCTURA SOMERA DE LA VELOCIDAD DE CORTANTE EN DOS SITIOS DE LA CIUDAD DE OAXACA.

Rodríguez González Miguel y Cuenca Sánchez Julio

*Instituto de Ingeniería, UNAM*

mrod@pumas.iingen.unam.mx

Se presentan resultados del estudio de la dispersión de ondas superficiales contenidas en registros obtenidos con arreglos lineales de sismógrafos en dos sitios de la ciudad de Oaxaca. Utilizamos los registros obtenidos en el procedimiento típico de refracción sísmica y también registro de ruido sísmico, ambos se levantaron con tendidos lineales de aproximadamente 120 metros de extensión, utilizando geófonos verticales de 4.5 Hz. Para el levantamiento de ruido grabamos en 15 ocasiones subsecuentes, 60 segundos el campo de vibración ambiental. También registramos longitudes de onda mayores mediante dos sismógrafos de banda ancha con distancia entre estaciones de 50, 150 y 300 metros. La curva de dispersión de velocidad de fase entre 1 a 15 Hertzios fue construida con la aportación de los tres tipos de mediciones, pues son complementarias en términos del ancho de banda. El modelo 1D estimado de las velocidades sísmicas para los sitios El Tequio y CU explica razonablemente nuestros datos sísmológicas, consiste de una capa con un espesor de aproximadamente 39 metros, y una velocidad  $V_{S30} = 230$  m/s. Esta capa presenta un fuerte contraste con la capa subyacente, debido a que la impedancia acústica medida es aproximadamente cinco veces, y asimismo presenta saturación parcial de agua para profundidades mayores a cinco ó seis metros.

SIS-13

### RIESGO SISMICO EN UN EDIFICIO INSTRUMENTADO MEDIANTE ACELEROGRAFOS

Jiménez Barroso Janet, Morales Ramírez Gonzalo, Posada Sánchez Ana Elena y González Pomposo Guillermo Jorge

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

janet\_jbmx@yahoo.com.mx

El riesgo sísmico depende de la probable ocurrencia de un sismo en una zona determinada, así como de la capacidad de resistencia de las edificaciones a dicho movimiento. Por ello la instrumentación sísmica adquiere gran importancia, ya que mediante ella se efectúan estudios de las respuestas en las estructuras ante la presencia de un sismo. Los resultados de estos estudios proporcionan información sobre los posibles daños estructurales en las edificaciones. Debido a su intenso crecimiento de población y desarrollo urbano en la ciudad de Puebla se ha hecho necesario conocer el comportamiento de los edificios ante la ocurrencia de un sismo, ya que en ellos se concentra la mayoría de la infraestructura, servicios y habitantes. Los daños más relevantes durante el sismo del 15 de junio de 1999 se concentraron principalmente en vivienda, hospitales, escuelas y monumentos históricos, surgiendo el interés en realizar estudios de riesgo sísmico para la rehabilitación y reforzamiento de las estructuras que resultaron dañadas. Destaca la demolición del edificio de la Facultad de Medicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), cuya rehabilitación representaba gastos superiores a lo que se ha invertido en la construcción de uno nuevo, que responde a los coeficientes del nuevo Código Reglamentario del Municipio de Puebla. Siendo la vivienda uno de los más grandes patrimonios de la población es importante conocer las consecuencias que podrían tener los movimientos sísmicos sobre una estructura, así como los daños que podrían causar a su alrededor en caso de un colapso o daño estructural. Buscando una amplia concentración de habitantes, el personal de la BUAP está realizando un estudio en un condominio multifamiliar de 6 plantas ubicado en la 7 norte y 42 poniente de la ciudad, de tal manera que se ha colocado un equipo DCA-333 en la azotea y un equipo GSR-16 en la planta baja para determinar su modo natural de vibración. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos hasta el momento del análisis de su comportamiento ante ruido ambiental.

SIS-14

### INCERTIDUMBRE PREDICTIVA Y PROBABILIDAD SÍNTESIS PARA PRONÓSTICOS SÍSMICOS

Nava Pichardo F. Alejandro

*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*

fnav@cicese.mx

No hay actualmente consenso sobre la manera de utilizar la aparición de fenómenos precursores a la aparición de grandes sismos para pronosticar éstos. La mayor parte de los pronósticos basados en la aparición de precursores utilizan técnicas bayesianas; pero es debatible la aplicabilidad de estas técnicas, dado que los precursores no forman una base.

Se propone un método para combinar la información que aporta la ocurrencia de precursores, con base en el concepto de incertidumbre predictiva (qué tan lejos se está de la certeza de



ocurrencia de un sismo en una ventana de tiempo dada), tomando en cuenta factores como la confiabilidad de los precursores.

SIS-15

### **ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SÍSMICA DE EDIFICIOS Y DEPÓSITOS DE SUELO EN EL VALLE DE MÉXICO MEDIANTE EL USO DE LA TÉCNICA DE INTERFEROMETRÍA SÍSMICA**

Cárdenas Soto Martín

*Universidad Nacional Autónoma de México*

martinc@servidor.unam.mx

En este trabajo exploramos una técnica conocida como interferometría sísmica. La técnica esta basada en la correlación de ondas registradas en diferentes receptores. Cuando la excitación de las ondas es eventualmente distribuida en el espacio, o entre los modos normales del sistema, esta correlación puede mostrar que existe una función de Green que toma en cuenta la propagación de ondas entre los receptores. La relevancia de esta técnica radica en el estudio de las ondas que se propagan entre los puntos de registro, sin la necesidad de contar con una fuente en una de las localizaciones de los receptores, y sin importar que las ondas registradas sean excitadas por fuentes coherentes o incoherentes.

Con el objeto de investigar la aplicabilidad de esta técnica para determinar la velocidad de corte y atenuación de la propagación del movimiento sísmico en estructuras tales como edificios o depósitos de suelo, analizamos datos de movimientos fuertes registrados en edificios instrumentados y arreglos verticales de estaciones localizados en suelos firmes y blandos del valle de México. El procedimiento de análisis consistió en llevar a cabo una deconvolución del movimiento registrado en la parte superior de la estructura (edificio o depósito de suelo) con aquel registrado en diferentes localizaciones (pisos para el caso de edificios y profundidades para el caso del subsuelo). Los resultados obtenidos muestran que es factible utilizar esta técnica a fin de obtener la respuesta sísmica de estructuras instrumentadas.

SIS-16

### **SISMICIDAD Y ESFUERZOS EN EL SUR DEL BLOQUE DE JALISCO**

Sánchez John y Núñez Cornú Francisco J.

*Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara*

jjsanchez@pv.udg.mx

Los mecanismos focales para un grupo de 41 sismos, con magnitudes Mw entre 4.9 y 8.0, detectados durante 1980 y 2007 y extraídos del catálogo CMT, fueron utilizados para investigar variaciones espacio-temporales de esfuerzos en la parte sur del Bloque de Jalisco (BJ). Usando pruebas estadísticas rigurosas se decide acerca de la calidad y variabilidad de los mecanismos y con el uso de inversión por tensor de esfuerzos y análisis de ajuste acumulado se encuentran diferencias significativas en espacio y en tiempo en regímenes de esfuerzo, con un nivel de confianza de 95% o más. Se concluye que la región localizada cerca a las coordenadas 105°W y 18.43°N aparece como una zona particularmente difusa afectada por varios estilos de esfuerzo y que el período a continuación del sismo de Mw 8.0 en Octubre 9 de 1995, se detecta como un cambio en esfuerzos con duración

relativamente corta inducido por este sismo mayor. Una diferencia importante en sismicidad y esfuerzos entre las regiones sur y norte del BJ es marcada por la ocurrencia regular de temblores al sur en contraste con la escasez de temblores de Mw > 4.9 al norte de 19.36°N, una región en la cual la microsismicidad es evidente cuando se despliegan redes locales temporales de sismógrafos, como se ha notado en estudios previos.

SIS-17

### **ESTIMACIONES DE PELIGRO SÍSMICO EN SISTEMAS SISMOGÉNICOS USANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES: UNA APLICACIÓN AL ÁREA DE JAPÓN**

Herrera Oliva Claudia Soledad<sup>1</sup> y Nava Pichardo F. Alejandro<sup>2</sup><sup>1</sup>*Universidad Autónoma de Baja California*<sup>2</sup>*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE*

cherrera@uabc.mx

Un estudio previo introdujo nuevos métodos para obtener estimaciones de peligro sísmico en un área geográfica que consta de varias regiones sismogénicas (un sistema), expresando la probabilidad de ocurrencia de estados, i.e. patrones de presencia o ausencia de sismicidad, con magnitud mayor o igual a una magnitud umbral, en cada una de las regiones, como una cadena de Markov. Fueron desarrollados dos métodos basados en el conteo de transiciones entre estados. El método directo obtiene probabilidades de transición entre estados, ambos con eventos con magnitudes , donde es cierta magnitud umbral. El método cruzado evalúa probabilidades de transición, de estados con a estados con , donde . La aplicación de ambos métodos al área de Japón dio resultados muy satisfactorios, con mejores resultados para el método cruzado. El desempeño de los métodos es medido usando funciones calificadoras que balancean características positivas contra características negativas de los resultados de cada método, a manera de asignar una calificación normalizada que permite comparar diferentes modelos y métodos.

En este trabajo proponemos otros métodos que usan la capacidad de aprendizaje de una red neuronal elemental (perceptron) para modelar el comportamiento Markoviano del sistema. Los métodos neuronales (directo y cruzado) tienen desempeños ~50% mejores que los métodos de conteo.

SIS-18

### **SISMICIDAD EN LA SIERRA GORDA, QUERÉTARO-SAN LUIS POTOSÍ, UNA ZONA INTRAPLACAS SÍSMICAMENTE IMPORTANTE**

Gómez González Juan Martín<sup>1</sup>, Luque Vergara Nestor<sup>1</sup>, Figueroa Soto Angel<sup>1</sup> y Barboza Gudiño Rafael<sup>2</sup><sup>1</sup>*Centro de Geociencias, UNAM*<sup>2</sup>*Instituto de Geología, UASLP*

gomez@dragon.geociencias.unam.mx

Reportamos una de las "secuencias sísmicas" intraplacas más largas ocurridas en México ocurrida al NE de Querétaro, en la Sierra Gorda, la cual forma parte de la cordillera de la Sierra Madre Oriental, una de las principales provincias fisiográficas de México. Esta gran zona abarca parte de los estados de Hidalgo, San Luis Potosí, Guanajuato y Querétaro.

La actividad inició en la primera semana de noviembre de 2007 y hasta junio de 2008 no había cesado. Una pequeña red de sismógrafos digitales de periodo corto revela una importante expansión espacio-temporal de sismicidad somera, inferior a 10 km. La actividad aparentemente se detonó en la población de Landa de Matamoros, Querétaro, con una migración bilateral NS, para concentrarse posteriormente en el límite norte del estado, hacia San Luis Potosí. Su extensión alcanza una longitud aproximada de 100 km. Son pocas las fallas geológicas cartografiadas y reportadas en la zona. De entre las estructuras mayores reportadas en las cartas geológicas del INEGI (escala 1:1'000,000) se observa una falla que pasa debajo de Landa. Las diferencias de tiempo de S-P en las señales sugieren que la fuente sismogénica se encuentra cerca de esta estructura. Sin embargo, no se observa ninguna traza en superficie que indique movimiento de falla reciente. La estratigrafía de la zona esta compuesta grosso modo por unidades que comprenden un basamento cristalino precámbrico-paleozoico, sobre las cuales descansan secuencias de rocas calizas y lutitas del Mesozoico. En varias partes las subyacen secuencias de depósitos de flujos fluvio-lacustres que forman terrazas. En la parte superior de la secuencia se encuentran flujos de lava cenozoicos de fuentes aún no determinadas. La sismicidad ocurrida puede ser un indicador de una reactivación en serie de pequeñas fallas, con una migración desde los límites Querétaro-Hidalgo hasta el sur de San Luis Potosí.

SIS-19

### **HISTORIA SÍSMICA Y CATÁLOGO SÍSMICO PARA EL ESTADO DE VERACRUZ Y ESTACIONES DE MONITOREO SÍSMICO PERMANENTE EN LA ZONA CONURBADA XALAPA (ZCX)**

Torres Morales Gilbert F.<sup>1</sup>, Rodríguez Elizarrarás Sergio<sup>2</sup>, Mora González Ignacio<sup>1</sup>, Dávalos Sotelo Raymundo<sup>3</sup>, Hernández Hernández Javier<sup>1</sup>, Alducin Rivas Miriam<sup>1</sup> y Miranda Tobias julio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Tierra, UV

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

<sup>3</sup>Instituto de Ecología, A.C.

gitorres@uv.mx

Las Ciudades del Estado de Veracruz han experimentado los efectos destructivos de los sismos a lo largo de la historia. La primera noticia de un sismo local importante fue en las inmediaciones de Xalapa y data de 1546. Los reportes históricos de este evento indican la destrucción total del convento de San Francisco, fundado en 1534. Reportes posteriores indican que la ciudad fue afectada por otros temblores de magnitud importante en 1691 y en 1874, en 1691 se reportaron numerosos sismos de baja magnitud que causaron daños moderados en la ciudad. El 13 de noviembre de 1874 un sismo afectó una amplia región del país localizándose los daños más importantes en Xalapa donde de nuevo el templo de San Francisco sufrió daños. En la Ciudad y Puerto de Veracruz se han experimentado también los efectos destructivos de los sismos a lo largo de la historia. Los primeros datos históricos de un sismo son de Antonio de Ulloa, quien en una carta informa al virrey Antonio María Bucarelli la ocurrencia de un violento terremoto en 1777.

Otras ciudades del Estado de Veracruz han sido afectadas por los efectos destructivos de los sismos a los largo de su historia, cabe señalar que el sismo de Xalapa del 3 de enero de 1920 ocupa el segundo lugar a nivel nacional en número de víctimas con 650; de éstas, 419 murieron por avalanchas de lodo

provocadas por el deslave de material en barrancas. El tercer lugar corresponde al sismo de Orizaba del 28 de agosto de 1973 con 539 muertes.

Se realizó una investigación de los sismos históricos más importantes, además, de una investigación de los efectos de los sismos recientes en el Archivo General del Estado de Veracruz y en la Unidad de servicios Bibliotecarios e Informáticos de la Universidad Veracruzana (USBIUV). También se tuvo la colaboración de la Secretaria de Protección Civil del Estado de Veracruz facilitándonos los reportes de alerta por sismo de los municipios en el estado. Con la información recopilada se creó un catálogo actualizado de los sismos más importantes que han afectado al Estado de Veracruz, el catálogo se divide en dos, uno que incluye los sismos históricos y otro sólo los sismos instrumentales, de este último catálogo se alimentó un sistema de información geográfica (SIG) donde se obtuvieron mapas de ubicación de los epicentros con una escala grafica de su magnitud.

Actualmente existe una red de monitoreo sísmico en la Zona Conurbada Xalapa de dos estaciones, con sismómetros de banda ancha marca Guralp CMG-6TD, adicionalmente se ha logrado tener hasta ocho estaciones de monitoreo sísmico permanente gracias a nuevos equipos adquiridos por el CCTUV para otros proyectos. Además, se ha trabajado preliminarmente con los sismos registrados en las estaciones de monitoreo sísmico, lo que nos ha permitido poder integrar estos eventos sísmicos al catálogo de sismos instrumentales, además de poder mapear sus epicentros en el SIG y hacer un primer análisis de cuales eventos sísmicos y de que magnitud son los que afectan mayormente a la ZCX.

SIS-20

### **ANÁLISIS DE TIEMPO INTEREVENTO EN SECUENCIAS DE RÉPLICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESTADOS DE RELAJACIÓN DEL ESFUERZO**

Figueroa Soto Angel y Zúñiga Dávila Madrid F. Ramón

Centro de Geociencias, UNAM

angfsoto@geociencias.unam.mx

Empíricamente se observa que los sismos son seguidos típicamente por réplicas, las cuales son difíciles de extraer de un catálogo por su variabilidad espacio temporal y la dificultad de diferenciarlas de la sismicidad de fondo. A pesar de la variabilidad estadística de las secuencias de réplicas, se observa que su comportamiento satisface las relaciones estadísticas clásicas como la ley de Gutenberg-Richter (GR) y la ley de Omori- Utsu. El proceso físico de dicho mecanismo se ha relacionado a un modelo en el que el sismo principal incrementa el estado de esfuerzos local dando como resultado la secuencia de réplicas asociada. Sin embargo, queda todavía por determinar si las réplicas son eventos que ocurrirían dado algún tiempo, aún sin el mecanismo disparador del sismo principal.

Dentro de análisis de secuencias de réplicas no se ha determinado formalmente cuando ha cesado el proceso de réplicas, que equivale a decir, el momento en que el proceso de réplicas ha llegado a su nivel de sismicidad umbral o sismicidad de fondo. También, se ha observado que las réplicas pueden seguir ocurriendo años después de un sismo de magnitud mayor a 7.0.

Para avanzar en el conocimiento del mecanismo de las réplicas, se propone un modelo para cuantificar el tiempo interevento en secuencias de réplicas y a partir de este, se deducen matemáticamente tendencias autosimilares en

el ámbito espacio-temporal de dichas secuencias. Usando una aproximación a la estadística de "Rango Escalado" que permite obtener una estimación del exponente de Hurst se encuentran diferentes regímenes que se correlacionan con posibles diferentes estados de relajación del proceso. El modelo se compara con secuencias de réplicas para eventos en Guerrero, Baja California, Colombia, Nueva Zelanda y Alaska. Se pretende además determinar el cese en el proceso de réplicas y el inicio o incorporación del sistema al proceso de sismicidad de fondo.

SIS-21

### SISMICIDAD Y CAMPO DE ESFUERZOS EN LA CUENCA DE MÉXICO

Huesca Pérez Eduardo<sup>1</sup>, Quintanar Robles Luis<sup>1</sup>,  
García Palomo Armando<sup>2</sup> y Ortega Ruiz Roberto<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE, Unidad La Paz

ehuesca@gmail.com

La cuenca de México, se encuentra en el interior del llamado Eje Neovolcánico. La región en lo general y la cuenca en particular, se caracteriza por tener sismicidad de baja magnitud ( $M_c < 4.0$ ) que puede representar un riesgo para la ciudad de México debido a la cercanía de los epicentros a ésta. Se pueden distinguir tres áreas principales de actividad local: 1) los alrededores y el antiguo lecho del lago de Texcoco, 2) Chalco y 3) Juchitepec - Milpa Alta; el resto de la cuenca presenta menor actividad. Registramos y localizamos 336 sismos con sismogramas digitales entre 1996 - 2007. De todos ellos, solamente 22 mecanismos focales se pudieron evaluar debido a la baja magnitud que crea problemas de registro en las redes sismológicas y al ruido de fondo de alta frecuencia. Encontramos que los mecanismos focales muestran fracturamiento principalmente de corrimiento de rumbo (strike - slip) y normal (dip - slip). Usamos tres técnicas diferentes (cuando era posible) para evaluar los mecanismos focales: primeros arribos, cociente de amplitudes S/P de Hash e inversión del tensor de momento usando registros con tres componentes de banda ancha.

Conociendo los mecanismos focales, es posible determinar mediante inversión, el tensor de esfuerzos, que proporciona las direcciones de los ejes principales del campo de esfuerzos al que la zona esta sometido. Se evaluó para toda la región y para las tres zonas arriba listadas. Los resultados indican que el promedio global es un régimen transtensivo con orientación del eje extensivo NW – SE, confirmando de tal modo, en lo general, la información geológica disponible. Para las tres localidades donde se evaluó el tensor de forma particular, cabe mencionar que el tensor de esfuerzos es mas estable, mostrando también regímenes transtensivos excepto en el vaso de Texcoco, donde el campo de esfuerzos y la sismicidad muestran ser de régimen lateral.

SIS-22

### ESTUDIO SISMOTECTÓNICO DEL PUNTO TRIPLE DE LAS PLACAS COCOS – NAZCA – CARIBE

Luque Vergara Néstor<sup>1 y 2</sup> y Mendoza Carlos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geociencias, Universidad de Panamá

nluque@geociencias.unam.mx

Costa Rica y Panamá son sujetos a grandes y destructivos sismos debido a la interacción de las placas Cocos, Nazca y Caribe. Al sureste de Costa Rica la trinchera Mesoamericana limita la frontera entre la placas Cocos y Caribe, definiendo una zona de subducción somera debido a la presencia de la dorsal de Cocos (i.e. región oceánica que se eleva unos 2 km sobre el piso oceánico de la placa de Cocos) que se sumerge bajo la placa del Caribe. Al sur de Panamá, la placa de Nazca presenta un movimiento principalmente transcurrente lateral-izquierdo en relación a la placa Caribe. El límite entre las placas de Cocos y Nazca esta definido por La zona de fractura de Panamá que constituye una falla transcurrente de movimiento lateral derecho orientada norte-sur representando una fuente sísmica importante, habiéndose originado terremotos de magnitud  $M_s$  7.6 (1934). Es importante conocer el comportamiento sísmico en el área del punto triple para entender la interacción entre las placas Cocos-Nazca-Caribe. Presentamos los avances de un estudio del catálogo sísmico preparado conjuntamente por el Centro Sismológico de América Central (CASC) de la Universidad de Costa Rica y el Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá para el proyecto de amenaza sísmica regional entregado recientemente a la agencia de cooperación Noruega NORSAR. Este catalogo contiene eventos sísmicos bien localizados y esta completo a partir de magnitud 4.0 Mw. Además, se examina el catalogo de relocalizaciones telesísmicas preparado por Engdahl et al. (1998, Bull. Seism. Soc. Am. vol. 88, 722-743) para corroborar los detalles de la geometría e interacción de las placas en esta zona. Se presentan perfiles de sismicidad tomando en cuenta los mecanismos focales disponibles a nivel global como son las soluciones del Centroid Moment Tensor (CMT) de la Universidad de Harvard y tensores de momento sísmico del USGS National Earthquake Information Center (NEIC).

SIS-23

### SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN SÍSMICA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Alarcón Ferreira Ana María y Valdés González Carlos

Instituto de Geofísica, UNAM

mariana@cenapred.unam.mx

El volcán Popocatepetl es un volcán activo, localizado a 60 km al sureste de la Ciudad de México y a 45 km al oeste de la Ciudad de Puebla; En un radio de 100 Km de la cima del volcán, vivimos alrededor de 25 millones de mexicanos, por lo que la comprensión adecuada de su actividad y los sistemas de monitoreo y vigilancia, son herramientas muy necesarias.

La etapa de actividad contemporánea del volcán inició el 21 de diciembre de 1994 con una emisión de gases y cenizas, esta nueva etapa ha sido monitoreada y estudiada en diversas áreas: sismología, petrología, deformación, geoquímica, percepción remota, vulcanología física, magnetometría, visual, etc. En

especial el monitoreo sísmico ha sido de gran ayuda para estudiar y evaluar la actividad volcánica actual.

La sismicidad en el volcán ha sido clasificada en 5 familias principales: Eventos Volcanotectónicos, Eventos LP (Largo Periodo), Eventos Explosivos, Tremores y Derrumbes, cada familia está asociada a un fuente, por lo que cuando se registra un evento sísmico ya se conoce su significado y sus posibles implicaciones con respecto a la actividad volcánica. La forma de onda de cada una de las familias no es suficiente para su diferenciación, por ello contar con una herramienta que permita una distinción es muy útil, sobre todo cuando el número de señales sísmicas aumenta considerablemente en etapas de actividad volcánica.

En este trabajo se presentan los resultados de un análisis de estas familias de datos sísmicos, basado en las características espectrales de las señales. Para dicho análisis, se desarrolló una herramienta en plataforma Matlab. Empleando la FFT (Fast Fourier Transform) se obtienen los valores máximos de una secuencia de espectros, a partir de ahí se construye una curva. Este método se aplicó a un grupo de señales de cada familia sísmica y se obtuvieron señales representativas y a las curvas resultantes se les denominó curvas-patrón.

En cada curva-patrón es posible identificar las características principales de las familias sísmicas, por lo que fue posible realizar una discriminación entre las familias sísmicas. Cabe mencionar que entre más señales se incorporen en el procesamiento, mejorará la precisión de las curvas-patrón. Este método puede ser automatizado, para aplicarlo en tiempo real para la vigilancia volcánica.

SIS-24

### EL PARAMETRO RV EN EL CALCULO DE AMPLITUDES EN TEORIA DE RAYOS

Madrid González Juan

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

juaneu@cicese.mx

Este trabajo extiende la presentación teórica del parámetro RV.

De las ecuaciones previamente obtenidas para el frente de onda (Madrid, 2008), se extraen ecuaciones en derivadas parciales para el centro y el radio de curvatura (locales) del frente de onda. Estas ecuaciones se usan para determinar directamente el jacobiano de la transformación de coordenadas cartesianas a las llamadas coordenadas centradas en el rayo, requeridas en la serie de rayos para la determinación de la amplitud. El parámetro RV hace posible obtener la solución exacta de las ecuaciones de transporte para ondas P o S al menos en la aproximación de orden cero, para ondas en medios con velocidades arbitrarias. Para el frente de onda transmitido en una capa, el incremento de radio de curvatura contenido en el plano rectificador (perpendicular) es igual al incremento del radio de curvatura contenido en el plano de incidencia (paralelo), y la diferencia entre los dos radios depende solo de los valores iniciales y la velocidad en la posición instantánea.

En la refracción o la reflexión ambos radios se pueden determinar por fórmulas (Gel'shinsky, 1963). Las ecuaciones de frente de onda para el rayo central tienen la misma expresión que la ecuación para rayos paraxiales cuando el gradiente de la velocidad es constante. El efecto de la curvatura de discontinuidades se investiga a través de ejemplos sencillos.

SIS-25

### PARÁMETROS DE FUENTE DEL SISMO OCURRIDO EL 30 JULIO DE 2006 (MW 5.8) EN LA REGIÓN CENTRAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y SU RELACIÓN CON LA ORIENTACIÓN DE LOS EJES PRINCIPALES DE ESFUERZOS DE SISMIOS MODERADOS OCURRIDOS EN ESTA PROVINCIA TECTÓNICA

Rodríguez Lozoya Héctor Enrique<sup>1</sup>, Quintanar Robles Luis<sup>2</sup>, Huerta López Carlos<sup>3</sup>, López Pineda Leobardo<sup>4</sup> y Leon Monzon Idefonso<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Sinaloa

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

<sup>3</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

<sup>4</sup>Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora

<sup>5</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa

rolohe1@yahoo.com.mx

El 30 de julio de 2006 a las 01:20:52.28 horas (UTC), ocurrió un sismo de magnitud Mw 5.8 en la región central del Golfo de California, al noroeste de la falla transforme entre las cuencas de Guaymas y del Carmen, distante 226 kms. de la ciudad de Topolobampo, Sinaloa.

El sismo fue registrado por las estaciones de banda ancha del proyecto NARS-BAJA (NE75, NE76, NE77, NE82) y RESBAN (TOPB, GUYB), estaciones localizadas dentro de un rango de distancias epicentrales de 70 a 220 kms.

Se determinaron los parámetros de fuente del sismo a partir del análisis espectral de las formas de onda. Utilizando la técnica de inversión del tensor de momento sísmico, se determinó también su mecanismo de falla, el cual resultó de tipo lateral derecho. Este mecanismo concuerda con la dirección de desplazamiento de la placa Norteamericana con relación a la del Pacífico. La dirección de los ejes principales de esfuerzos de este evento se correlaciona de manera aceptable con la orientación general del campo de esfuerzos en dicha zona, tal como lo demuestran los resultados del análisis de la orientación de los ejes principales de esfuerzos de sismos moderados recientes e históricos ocurridos en la región del Golfo de California.

SIS-26

### EL TERREMOTO DE SAN SIXTO Y EL GRAN TSUNAMI DE 1787 EN LA COSTA SUR DE MÉXICO

Núñez Cornú Francisco J.<sup>1</sup>, Ortiz Figueroa Modesto<sup>2</sup>, Sánchez John<sup>1</sup> y Suárez Plascencia Carlos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, Universidad de Guadalajara

<sup>2</sup>División de Oceanología, CICESE

pacornu77@yahoo.com.mx

El terremoto de San Sixto ocurrido entre los límites de Oaxaca y Guerrero el 28 de marzo de 1787 es, aparentemente, el más grande terremoto histórico ocurrido en México. Existen reportes de daños muy importantes en Oaxaca, Guerrero, Puebla, Veracruz y México. La región de Oaxaca es probablemente la más estudiada desde el punto de vista sismológico por medio de estudios de microsismicidad, réplicas de terremotos mayores, redes semi-permanentes y refracción sísmica. Existe una regionalización sismogénica propuesta por Núñez-Cornú y

Ponce (1989) con base en la cual el terremoto ocurre en la Zona 8. Después de ocurrido el terremoto, la Zona 8 presenta un período de quietud sísmica de 141 años hasta 1928 cuando empieza un nuevo período de actividad convirtiéndose en la zona mas activa de México con 6 eventos ( $M > 7.0$ ) en 80 años. Núñez-Cornú (1996) propone que el terremoto de 1787 rompe toda la Zona 8, con una área de ruptura de 10,400 km<sup>2</sup> y sugiere que la Zona puede contener 6 ó 7 unidades sismogénicas. El terremoto de San Sixto fue además un terremoto tsunamigénico que generó el tsunami histórico más grande en México del cual se reportan invasiones de mar de hasta 6 km. tierra adentro y la generación de seiches en Acapulco, los efectos reportados de este tsunami son muy descriptivos. En este trabajo se han obtenido los mareogramas sintéticos a partir del modelado del terremoto. El análisis de las formas de onda de estos mareogramas en los diferentes puntos analizados concuerdan con las descripciones de los efectos locales. A partir de esto se concluye que el terremoto tuvo una Mw de 8.4 y una dislocación mínima de 8 metros.

SIS-27

### THE 2008 SEISMIC SEQUENCE NEAR QUETAME, COLOMBIA

Dionicio Lozano Viviana<sup>1</sup>, Sánchez John<sup>1</sup>, Castillo  
Gómez Luisa Fernanda<sup>2</sup> y Núñez Cornú Francisco J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Sismología y Volcanología de  
Occidente, Universidad de Guadalajara

<sup>2</sup>Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS, Colombia

vivianadionicio@gmail.com

Seismogenic zones in Colombia are related to accommodation of deformations along subduction zones and shallow crustal faults. Among these, the seismogenic zone near Bogotá, Colombia, is relevant, because several large earthquakes have nucleated there and some have been possibly triggered. An example of this is the May 24th, 2008, ML 4.1 – 5.7 (maximum magnitude 5.9 Mw) Quetame earthquake sequence.

We present an interpretation of the temporal-spatial features that stand out from the analysis of shallow earthquakes (depths less than 30 km) and the relocations obtained with the double difference method, within an area in central Colombia, that affects a number of towns and cities nearby. The Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC, ascribed to INGEOMINAS) detects and locates minor-to-light earthquakes that are frequently felt and reported by local inhabitants. Our motivation to conduct this work is that the Quetame earthquake sequence was strongly felt in Bogotá and many towns were affected by it.

Within the region under study several geological structures have been mapped in the field by geologists, such as the Naranjal and Servitá Faults, that are possibly a source of recent and past earthquakes, judging from some available fault plane solutions. By analyzing the slope of the frequency-magnitude relation ( $b$ -value) and the temporal-spatial associations recently discovered for earthquakes in this region we make inferences on the potential for generation of larger earthquakes and fault-to-fault interactions or interactions among fault segments, in terms of stress changes.

SIS-28

### LA SECUENCIA SÍSMICA DE SEPTIEMBRE DE 2007 EN EL GOLFO DE CALIFORNIA: UNA EXPLICACIÓN DEL BAJO CONTENIDO DE PAR-ACOPLADO (NON DOUBLE- COUPLE) EN SISMOS DE FALLAS TRANSFORMES

Ortega Ruiz Roberto<sup>1</sup>, Quintanar Robles Luis<sup>2</sup> y Mayer Geraldo Sergio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación  
Superior de Ensenada, CICESE, Unidad La Paz

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

ortega@cicese.mx

El sismo del 1º de Septiembre de 2007 (Mw 6.1) es acaso uno de los eventos más intrigantes registrados ultimamente en la región extensional del Golfo de California. Contrariamente a el resto de los sismos de fallas transformes en el centro de la dorsal del Golfo de California, éste evento registró más de 800 réplicas, lo cuál permite estudiar la sismogénesis con mayor detalle. Después de una localización detallada de las réplicas, se observa que el evento principal ocurre fuera de la región donde ocurren las réplicas. Una característica interesante de la localización de dichas réplicas es su clara alineación longitudinal perpendicular a las fallas transformes. Una explicación propuesta con base en la composición de momentos de tensión MT y de cizalla MS se puede proponer a través de la geometría de las réplicas y con base en el modelado de las formas de onda. Este tipo de eventos ha sido causa de un largo debate para explicar el bajo contenido de par-acoplado debido a que generalmente ocurren en medio del océano y no se tenían registros de buena calidad. Entre las diferentes hipótesis que se han postulado han sido 1) Eventos de falla normal y de falla de rumbo que ocurren casi instantáneamente. 2) Fallas con geometrías curvas acompañadas de expansión causada por intrusión de lava. 3) Fallamientos tensionales. 4) Pulsos con apertura en las fallas. 5) Combinación de fallamiento tensional y de cizalla. Nuestras observaciones simológicas concuerdan con la explicación de que el bajo componente de par-acoplado es causado por una combinación de fallamiento tensional y de cizalla.

SIS-29

### SIMULACIÓN DEL MOVIMIENTO DEL SUELO EN XALAPA DURANTE EL SISMO DEL 3 DE ENERO DE 1920 (M APROXIMADAMENTE 6.4)

Córdoba Montiel Francisco<sup>1</sup>, Singh Shri Krishna<sup>2</sup>, Iglesias  
Arturo<sup>2</sup>, Rodríguez Elizarrarás Sergio<sup>3</sup> y Mora González Ignacio<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Veracruzana

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

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

<sup>4</sup>Centro de Ciencias de la Tierra, UV

fcordoba@uv.mx

El sismo del 3 de enero de 1920 tuvo su origen en la zona limítrofe de los estados de Veracruz y Puebla a unos 32 km al suroeste de la ciudad de Xalapa, Veracruz; y dio lugar a una serie de fenómenos (deslizamientos y derrumbes en las montañas, alumbramiento de manantiales, inundaciones de lodo y hundimientos locales), que trajeron como consecuencia la pérdida de un número importante de vidas y severos daños materiales en la zona epicentral y sus cercanías. En Xalapa, las afectaciones de consideración que ocurrieron fueron

cuarteaduras y grietas en algunas construcciones y en casos aislados derrumbes parciales.

En este trabajo se presentan los resultados del estudio realizado en la ciudad de Xalapa, con el propósito de determinar la respuesta del suelo en diferentes puntos estratégicos distribuidos en la ciudad y elaborar una serie de escenarios a partir de simulaciones computacionales, que sustentadas en métodos estocásticos, permitan hacer una recreación de ese sismo en esta ciudad y además, establecer las condiciones actuales del terreno ante la posible ocurrencia de eventos que tengan una fuente sísmica y distancia epicentral similares.

Este estudio consistió en la instalación y operación de diez estaciones sísmicas de banda ancha durante el periodo comprendido de Octubre de 2007 a Julio de 2008; de las cuales una fue instalada como sitio de referencia, en un punto ubicado sobre un macizo de calizas del Cretácico con el fin de obtener datos de alta calidad que pudieran utilizarse para establecer la respuesta de los nueve sitios ubicados en la ciudad de Xalapa, mediante el empleo de la técnica de cocientes espectrales estándar. Aunado a lo anterior, se utilizó la técnica H/V aplicada a sismos y a vibración ambiental con la finalidad de establecer la correlación entre éstas metodologías y evaluar de manera precisa la validez de los resultados que aportaron, considerando las características geológicas y topográficas locales.

El resultado de lo anterior es la determinación del efecto de sitio, mismo que constituye la base para la realización de las simulaciones del movimiento de suelo, las cuales permitirán presentar las aceleraciones pico estimadas ante un sismo postulado de  $M$  aproximada a 6.4, ubicado a una distancia epicentral de 32 kilómetros. Finalmente, con base a las estimaciones obtenidas, se analizan las consecuencias evidenciadas durante este sismo particularmente en la ciudad de Xalapa y se emite un diagnóstico del peligro sísmico al que se encuentra expuesta esta población ante futuras eventualidades de esta naturaleza.

SIS-30

### **EL ENJAMBRE SÍSMICO DE FEBRERO DE 2008, EN EL VALLE DE MEXICALI, B. C.: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS REGISTROS DE MOVIMIENTOS FUERTES.**

Munguía Orozco Luis, Navarro Sánchez Miguel,  
Luna Munguía Manuel y Valdez López Tito

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

lmunguia@cicese.mx

El Valle de Mexicali se ubica en el noreste de Baja California, México. Su extensión hacia territorio americano se conoce como el Valle Imperial, y juntos forman parte de una provincia sedimentaria conocida como la cuenca de Salton Sea. En el valle que denominamos Mexicali-Imperial han ocurrido sismos de relevancia por su magnitud y efectos en las últimas décadas. Estos sismos son los del Valle Imperial (1940,  $M=7$  y 1979,  $M=6.6$ ), los de Superstition Hills y Elmore Ranch (1987,  $M=6.6$  y 6.2) y el de Victoria (1980,  $M=6.1$ ). Todos ellos causaron daños materiales de consideración en la región de su epicentro.

También de importancia resulta considerar que en el Valle de Mexicali ocurren sismos de magnitud baja a intermedia ( $M_w \sim 5$ ) con una frecuencia relativamente alta. Cuando estos sismos ocurren cerca de centros de población causan alarma y daños de cierta consideración, como en el caso del enjambre sísmico de

Febrero de 2008. Tal enjambre ocurrió en la vecindad del Ejido Michoacán de Ocampo, a unos 25 km al sureste de la ciudad de Mexicali, y consistió en varios cientos de eventos, de entre los que destacaron 5 eventos con magnitudes  $M_w$  de entre 5.0 y 5.4. La intensidad de los movimientos sentidos por la población se explica por las altas aceleraciones (hasta de 0.5 g) registradas en estaciones de la Red de Acelerógrafos del Noroeste de México (RANM) a distancias menores a 10 km de los temblores más fuertes. La estación más cercana a los epicentros de los sismos de mayor magnitud registró aceleraciones de entre 200 y 500  $\text{cm}/\text{seg}^2$  a alrededor de 7 kilómetros de distancia. Este enjambre de sismos constituye una muestra clara del constante peligro que fallas tectónicas de la región, como las de Cerro Prieto, Imperial y otras fallas activas de tipo normal, le plantean a la ciudad de Mexicali y su valle. En esta plática se hará una descripción de las principales características del enjambre y de los movimientos fuertes registrados por RANM.

SIS-31

### **LOS SISMOS DE CERRO PRIETO DE FEBRERO 2008, VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA: REPORTE PRELIMINAR**

Vidal Villegas José Antonio, Munguía Orozco Luis, Méndez Figuroa Ignacio, Farfán Sánchez Francisco Javier, Orozco León Luis Raúl y Gálvez Valdéz Jesús Oscar

*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*

vidalv@cicese.mx

A partir de los registros obtenidos por la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM), elaboramos el presente reporte. El viernes 8 de febrero de 2008, a las 11:12 PM (tiempo local), se inició una secuencia sísmica del tipo enjambre con la ocurrencia (entre el 8 y el 22 de febrero) de 5 sismos de magnitud de entre 5.0 y 5.5. En este periodo, además de los sismos mencionados, ocurrieron un conjunto de aproximadamente 302 sismos localizables con magnitudes comprendidas entre 2.0 a 4.8 en un área circular de aproximadamente 20 km de radio, tomando como centro el volcán de Cerro Prieto. Todos estos sismos se localizan en la misma región epicentral de los sismos de mayor magnitud ( $5.0 \leq \text{Mag} \leq 5.5$ ). Los epicentros se concentran principalmente en el extremo noroeste de la falla Cerro Prieto. El área de ocurrencia de estos temblores está próxima al Campo Geotérmico de Cerro Prieto, el cual es un área de deformación extensional. En esta región las fallas principales son la ya mencionada falla de Cerro Prieto y la falla Imperial, las cuales se extienden, respectivamente, desde la costa noroeste del Golfo de California hasta la depresión Salton en el sur de California, Estados Unidos. Los sismos de magnitud mayor que 5.0 ocurrieron entre 23 a 27 km al sureste de la ciudad de Mexicali, Baja California y la población más cercana al área de epicentros es el ejido Michoacán de Ocampo. Debido a la cercanía de los centros de población mencionados respecto al área epicentral y a las características de la región del valle de Mexicali (suelo sedimentario) los sismos se sintieron con intensidades de IV a V. A partir de los registros obtenidos por RESNOM deseamos plantear las siguientes preguntas ¿Los sismos ocurrieron en la prolongación noroeste de la falla Cerro Prieto o están asociados a otras fallas de la región? ¿Es posible constreñir los mecanismos focales obtenidos a partir de los primeros movimientos mediante el modelado de las formas de onda de registros de banda ancha? La región norte de Baja California es compleja ya que los registros de banda ancha fueron obtenidos en estaciones ubicadas en la región de las Sierras Peninsulares de Baja California, la cual es muy diferente de la región sedimentaria del Valle de Mexicali.

En la presentación trataremos de dar respuesta a las preguntas planteadas.

SIS-32 CARTEL

### CARACTERÍSTICAS ESPECTRALES DE LA SISMICIDAD EN EL VALLE DE MÉXICO Y LA REGIÓN NORESTE DEL PAÍS

Argujio Herrera Tania<sup>1</sup>, Bello Segura Delia<sup>2</sup> y Quintanar Robles Luis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, UANL

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, UNAM

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

moonpools@hotmail.com

Es ampliamente conocido que la sismicidad de mayor magnitud en México se localiza fundamentalmente a lo largo de la costa del Pacífico, lugar en donde las placas oceánicas de Rivera y Cocos subducen por debajo de la placa de Norteamérica, afectando los estados costeros desde Jalisco hasta Chiapas. Esta sismicidad y sus características han sido ampliamente estudiadas y en los últimos 15 años se ha profundizado notablemente en este conocimiento gracias a la disponibilidad de los datos de la Red Nacional de Observatorios Sismológicos (RNOS) de banda ancha.

Aprovechando la expansión de la red RNOS, así como la instalación de nuevas estaciones de banda ancha en la Red Sísmica del Valle de México (RSVM), se estudian las características focales de sismos ocurridos en dos regiones del país que han sido relativamente poco estudiadas: la Cuenca del Valle de México y la región Noreste del país .

Utilizando la técnica de Análisis Espectral se determina el Momento Sísmico y la Caída de Esfuerzos de eventos que han ocurrido en las regiones arriba descritas. Se pretende con este estudio conocer las características focales de esta sismicidad y compararlas con las correspondientes a la sismicidad asociada a la subducción de la placa de Cocos.

Es ampliamente conocido que la sismicidad de mayor magnitud en México se localiza fundamentalmente a lo largo de la costa del Pacífico, lugar en donde las placas oceánicas de Rivera y Cocos subducen por debajo de la placa de Norteamérica, afectando los estados costeros desde Jalisco hasta Chiapas. Esta sismicidad y sus características han sido ampliamente estudiadas y en los últimos 15 años se ha profundizado notablemente en este conocimiento gracias a la disponibilidad de los datos de la Red Nacional de Observatorios Sismológicos (RNOS) de banda ancha.

Aprovechando la expansión de la red RNOS, así como la instalación de nuevas estaciones de banda ancha en la Red Sísmica del Valle de México (RSVM), se estudian las características focales de sismos ocurridos en dos regiones del país que han sido relativamente poco estudiadas: la Cuenca del Valle de México y la región Noreste del país .

Utilizando la técnica de Análisis Espectral se determina el Momento Sísmico y la Caída de Esfuerzos de eventos que han ocurrido en las regiones arriba descritas. Se pretende con este estudio conocer las características focales de esta sismicidad y compararlas con las correspondientes a la sismicidad asociada a la subducción de la placa de Cocos.

SIS-33 CARTEL

### EVIDENCE OF HIGHER-MODE SURFACE WAVES IN THE VALLEY OF MEXICO AND STRUCTURE OF THE BASIN

Rivet Diane, Campillo Michel, Singh Shri Krishna y Shapiro Nicolai

*Instituto de Geofísica, UNAM*

diane.rivet@gmail.com

We reconstruct Rayleigh and Love waves from cross-correlations of ambient seismic noise recorded at 11 broad-band MesoAmerica Seismic Experiment (MASE) stations located in the Valley of Mexico. The surface waves with sufficient signal-to-noise ratio are then used in the group velocity dispersion analysis. From our dataset of 11 stations, 5 present clear evidence of timing errors caused mainly by unlocked GPS clocks. To correct this time drift in a quasi-continuous manner, we use an approach introduced by Stehly and al. (2007). It is based of an examination of the difference in time symmetry of the causal and anticausal part of the cross-correlation between two stations. After applying time corrections, we use the reconstructed waveforms to measure group velocity dispersion curves at period of 0.5 to 5 seconds. We observe that the maximum energy is contained in the higher modes of the surface waves that propagate deeper in the basin. The fundamental mode shows a very low group velocity, <100m/s, which is consistent with previous studies. We identify the observed higher modes by comparing them with theoretical dispersion curves and eigenfunctions calculated for higher modes of Rayleigh and Loves waves associated with a given model of the upper crust. The domination of the higher modes in the Valley of Mexico may be a determining factor in the long duration of the seismic signal. By inverting the dispersion curves we better constrain the velocity model of the upper crust of the Valley of Mexico. We also analyze site effects by looking at the relative amplitude of the reconstructed signal obtained with the cross-correlation.

SIS-34 CARTEL

### EVALUACION DE LOS MODELOS DE SUBDUCCION PARA LA REGION CENTRAL DE MEXICO, MEDIANTE EL TRAZADO DE RAYOS SISMICOS CON DATOS DEL PROYECTO MASE (RESULTADOS PRELIMINARES)

Rodríguez Pérez Quetzalcoat<sup>1</sup> y Valdés González Carlos<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Servicio Sismológico Nacional

quetza81@hotmail.com

El objetivo del presente trabajo es evaluar los modelos de velocidades propuestos para la región central de México (Pardo y Suárez, 1995 y Cárdenas C., 2003) y las geometrías de subducción obtenidos mediante modelos térmicos (Manea et al, 2005) e inversión de los tremores no volcánicos (Payero et al, 2008). La evaluación entre los modelos de subducción antes mencionados se realizará mediante la implementación de la técnica de trazado de rayos sísmicos, para ello se utilizarán estaciones sísmicas del proyecto MASE (Meso-American Subduction Experiment) y sismos regionales en el área de estudio. Una característica del trazado de rayos sísmicos es que se trata de un problema directo, es decir la estructura inicialmente se conoce o se propone, la cual se ajusta o se modifica hasta modelar los datos correctamente, en este caso los tiempos de arribo de las ondas P. A diferencia del problema directo, en el

problema inverso como es el caso de la tomografía sísmica, la estructura se obtiene directamente de los datos. El trabajo se encuentra en etapa de desarrollo, por lo tanto únicamente se presentarán los resultados preliminares, en los que se han observado ajustes entre los tiempos de arribo observados y los tiempos de arribo calculados para las ondas P, menores a 0.7 segundos en promedio, corroborando que la sección por donde pasa el perfil sísmico de las estaciones del proyecto MASE, tiene un ángulo de subducción subhorizontal en región central de México, sin embargo se pretende refinar los modelos propuestos para la zona de estudio.

#### Bibliografía

Cárdenas C., 2003. Estructura tridimensional de la zona de subducción en Guerrero, México: un análisis de trazado de rayos con base en sismos regionales mexicanos. Tesis de Maestría. Posgrado en Sismología y Física del interior de la Tierra. UNAM., 94 pp.

Pardo, M and G Suárez., 1995. Shape of the subducted Rivera and Cocos plates in southern Mexico: seismic and tectonic implications. *Journal of Geophysical Research* 100, 12357–12373.

Payero, J. S., V. Kostoglodov, N. Shapiro, T. Mikumo, A. Iglesias, X. Pérez-Campos, and R. W. Clayton., 2008. Non-volcanic tremor observed in the Mexican subduction zone, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L07305, doi:10.1029/2007GL032877.

Manea, V.C., M. Manea, V. Kostoglodov, and G. Sewell, Thermo-mechanical model of the mantle wedge in Central Mexican subduction zone and a blob tracing approach for the magma transport, *PEPI*, 149, 165-186, 2005.

#### SIS-35 CARTEL

### ESTUDIO SÍSMICO DE LA ESTRUCTURA CORTICAL EN EL BLOQUE DE JALISCO A PARTIR DE REGISTROS LOCALES DE BANDA MUY ANCHA

Martínez López María del Rosario, Gómez González Juan Martín y Guzmán Marco

*Centro de Geociencias, UNAM*

rosariomar55@hotmail.com

El Bloque de Jalisco, como una de las regiones sismotectónicas más complejas de México, ha sido objeto de múltiples estudios de diferentes áreas del conocimiento. Esta región del país fue monitoreada sísmicamente con 50 sismógrafos digitales de banda muy ancha durante 18 meses, de enero de 2006 hasta junio de 2007. La red temporal MARS (Mapping the Rivera Subduction Zone) permitió adquirir una gran cantidad de datos. En este trabajo se analizan varias señales con las que se busca determinar si es posible conocer más sobre el modelo regional de velocidades. Actualmente se usa un modelo promedio para localizar toda la sismicidad, sin embargo, algunas deficiencias en las localizaciones o modelados muestran que en algunos casos se requieren modelos más particulares. Utilizamos el método de inversión no linealizada de rayos, con base en los tiempos de viaje de las ondas P y S, para probar algunos modelos de corteza utilizando 56 sismos locales. Estos eventos se caracterizaron por una buena cobertura azimutal en la red y su magnitudes van de pequeña a moderada (2.8 # MI # 5.4). Algunas de las condiciones impuestas para considerar que las localizaciones fueran confiables fue que los tiempos residuales fueran menores a 4 s. Las profundidades de los eventos variaron entre 1 y 89 km. Estos sismos ya

habían sido previamente relocalizados, ello sirve como referencia para depurar el modelo de velocidades. Dado que el algoritmo relocaliza y explora el modelo de velocidades al mismo tiempo, requiere múltiples corridas y la estabilidad se alcanza al fijar los parámetros hipocentrales, lo que permite un mejor control de la velocidad. Al caracterizar mejor el o los modelos locales de velocidad será posible tener localizaciones más confiables.

#### SIS-36 CARTEL

### PROPUESTA DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA LA CIUDAD DE ZITÁCUARO MICHOACAN.

Vázquez Rosas Ricardo, Aguirre González Jorge y Mijares Arellano Horacio

*Instituto de Ingeniería, UNAM*

rvazquezr@iingen.unam.mx

Michoacán esta localizado en una de las zonas de más alta sismicidad del país, dentro del estado existen tres fuentes generadoras de sismos como son los generados por la actividad volcánica (Jorullo 1759, Parícutín 1943), los generados por la Subducción (Placa de Cocos 1979 M 7.4, y 1985 M 8.1) y los causados por fuentes locales (Falla de Acambay 1912). La ciudad de Zitácuaro se localiza dentro de un complejo volcánico denominado complejo Volcánico de Zitácuaro, que surgió a raíz del cinturón volcánico mexicano, en la cual se tienen presencia de domos volcánicos completamente jóvenes (como el Cacique), pero en los últimos años cerca de la ciudad (aprox. 5km) se han reportado algunos eventos sísmicos, (M 3.9, Marzo de 2008).

En el presente trabajo se presenta una propuesta de Microzonificación sísmica de la ciudad de Zitácuaro usando el método de Nakamura. Basado en la medición de vibración ambiental, se obtiene la distribución del periodo fundamental del suelo para tener un mejor conocimiento del comportamiento ante un evento sísmico. Esta ciudad se localiza al este del Estado, en las coordenadas 19°26' de latitud norte y 100°22' de longitud oeste, a una altura de 1940 metros sobre el nivel del mar.

Para la ciudad de Zitácuaro se realizaron mediciones de microtremores (15 minutos de grabación) usando un sensor Guralp CMG40T de banda ancha. De acuerdo a las dimensiones de la ciudad se propusieron 69 mediciones, procurando cubrir toda la ciudad, y al mismo tiempo tener el mayor número de registros posible. Con estos registros se calcularon los cocientes espectrales (H/V). Una vez procesados los resultados de los cocientes espectrales de microtremores, se observaron periodos entre  $T = 0.2s$ . y  $T = 3.0 s$ . Con estos valores de periodos, se elaboró la propuesta de Microzonificación sísmica de la ciudad de Zitácuaro. Los periodos más altos se encontraron hacia el sur de la ciudad, y los periodos más bajos en la parte norte de la ciudad. Con el fin de que este mapa pueda servir de base para estudios de riesgo sísmico así como apoyo para la elaboración o actualización del reglamento de construcción.



SIS-37 CARTEL

### ANÁLISIS DE LOS ACELEROGRAMAS OBTENIDOS EN LA C.H. LEONARDO RODRÍGUEZ ALCÁINE PRESA EL CAJÓN, DURANTE EL PRIMER LLENADO DEL EMBALSE.

Andrade Ocadíz Elisa y Santamaría Saldaña Dora Elva

*Comisión Federal de Electricidad*

elisa.andrade01@cfe.gob.mx

Análisis de los acelerogramas obtenidos en la C.H. Leonardo Rodríguez Alcaine, Presa El Cajón, durante el primer llenado del embalse.

E. Andrade Ocadíz y D. Santamaría Saldaña

Comisión Federal de Electricidad, Gerencia de Ingeniería Civil.

Se presenta el análisis de los acelerogramas registrados en las estaciones de la red acelerográfica de la presa El Cajón entre junio de 2006 y mayo de 2007.

Fueron detectadas 2272 series de tiempo de las cuales 1299 correspondieron a registros generados por sismos, 609 fueron pulsos no relacionados con movimiento alguno, y 364 fueron señales mezcladas con ruido por actividad humana.

Cuatro meses después del inicio del llenado del vaso (15 de julio del 2006) comenzaron a registrarse en la red eventos correspondientes a sismos con epicentros a menos de 25 km de la Central, considerados como sismos locales. Durante el periodo analizado se recabaron registros generados por 386 temblores de este tipo, asignándoles a la mayoría magnitudes coda entre 1 y 2.4. Las máximas aceleraciones registradas fueron provocadas por dos sismos ocurridos en mayo de 2007, localizados a 7 km de la cortina. El primero se produjo el 12 de mayo de 2007, con magnitud coda 1.4 y aceleración con valor de 99,5 cm/s<sup>2</sup>. El segundo ocurrió dos días después, fue de igual magnitud pero con aceleración máxima de 40 cm/s<sup>2</sup>.

Los demás temblores que generaron registros tuvieron epicentros localizados a más de 25 km de distancia respecto a la Central, sismicidad considerada como regional. Las aceleraciones máximas obtenidas de estos eventos fueron significativamente menores.

Se realizaron análisis espectrales de los acelerogramas más representativos de ambos tipos de sismicidad, encontrando que para los sismos locales, en las estaciones localizadas en la corona de la cortina, los espectros de Fourier muestran la mayor concentración de energía asociada a un intervalo de frecuencias entre 2 y 10 Hz. En los espectros de respuesta con amortiguamiento del 5% respecto al crítico, el máximo valor de aceleración espectral se encuentra referido a un periodo de 0,11 s (8,9 Hz).

Para los temblores regionales, en la estación ubicada en el centro de la corona, los espectros de Fourier tienen un corrimiento de las frecuencias asociadas a las mayores concentraciones de energía respecto de los sismos locales, presentándose las máximas amplitudes a más de 12 Hz. La mayor respuesta espectral corresponde a un periodo de 0.071 s (14 Hz).

Por las características de las excitaciones, tales como los bajos valores de aceleración, duración de la fase intensa del movimiento que en algunos eventos apenas superó los 5 segundos, efectos trayectoria de las ondas sísmicas, etc., aún no se tienen los elementos suficientes para determinar experimentalmente el periodo de vibración de la cortina.

Para discriminar los efectos de fuente y trayectoria del sismo y poder calcular las amplificaciones del movimiento respecto a

campo libre, así como de la base a la corona de la cortina, es necesario contar con registros simultáneos, por lo que se requiere que el sistema de interconexión maestro- esclavo funcione adecuadamente.

SIS-38 CARTEL

### PROPUESTA DE AMPLIACIÓN DE LA RED DE REGISTRO SÍSMICO DEL ESTADO DE VERACRUZ (REGIONALIZACIÓN SISMOTECTÓNICA PRELIMINAR)

Riquer Trujillo Guadalupe<sup>1</sup>, Williams Linera Francisco<sup>1</sup>, Leyva Soberanis Regino<sup>1</sup>, Lermo Samaniego Javier<sup>2</sup>, Vargas Colorado Alejandro<sup>1</sup>, Zamora Hernández Abigail<sup>1</sup> y Neri Flores Iris<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM

guadaluperiquer@yahoo.com.mx

Destrucción y daños son expresiones frecuentemente relacionadas con los efectos que los sismos tienen en las construcciones. Medir y estudiar el fenómeno, es fundamental para conocer las zonas que son fuentes potenciales de generación de sismos, y así tomar las medidas preventivas para mitigar las consecuencias. Históricamente el Estado de Veracruz ha sufrido los efectos de sismos infaustos y aunque diversas instituciones han realizado esfuerzos aislados para mejorar la instrumentación sísmica instalada, su cobertura sigue siendo insuficiente. En este trabajo se hace una propuesta de ampliación de la instrumentación para el registro sísmico, que va de la mano de una cultura de optimización de recursos, sustentada en un análisis de la distribución de redes de registro sísmico en el Estado y en sus cercanías. Las áreas no cubiertas, se identificaron de un estudio de la sismicidad del Estado, el cual se inicia con la elaboración de una base de datos de sismos históricos pre-instrumentales (1523-1900), e instrumentales (1900-2008). Para la elaboración del catálogo instrumental, se consideró la diversidad de aparatos de registro, la permanencia de los mismos donde esto fue posible, las técnicas usadas para la obtención de parámetros sísmicos y las imprecisiones atribuibles a la distancia de los aparatos de registro, entre otras cosas. Se recurrió a diversas fuentes de información y se usaron los sismos con epicentros en el Estado para analizar las magnitudes, profundidades hipocentrales y número de eventos y, en algunos casos de interés, se redefinieron parámetros. Se identificaron aquellos eventos cuyas afectaciones a la población resultaron los más nocivos, y se analizaron especialmente sus fuentes. Finalmente se hace una propuesta preliminar de subdivisión del Estado de Veracruz en regiones sismotectónicas, que puede ser el punto de partida para la estimación del riesgo sísmico en estudios futuros. Estos trabajos son financiados por los Fondos Mixtos CONACYT-Gobierno del estado de Veracruz (FOMIX) y forma parte del proyecto: "Propuesta de zonificación sísmica para el estado de Veracruz" (2007-2009).

## SIS-39 CARTEL

**MONITOREO SÍSMICO EN LA SIERRA GORDA, QRO.**

López Valdivia Erika Nallely<sup>1</sup>, Morales Juárez Silvia Patricia<sup>1</sup>,  
Ramón Márquez Víctor Manuel<sup>1</sup> y Gómez González Juan Martín<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, UNAM

erika\_love552@hotmail.com

A finales del 2007 varias poblaciones del NE de Querétaro resintieron la ocurrencia de varios sismos, que causaron temor y algunos daños. El área afectada por la actividad es aproximadamente de 30 x 60 km<sup>2</sup> y se encuentra ubicada en los límites de Hidalgo y San Luis Potosí. Entre las poblaciones afectadas están Landa de Matamoros, El Aguacate, Zoyapilca, Tancoyol, San Antonio Tancoyol, Otates y Matzazintla. La sismicidad inició desde noviembre 2007 y hasta junio 2008 los movimientos telúricos no han cesado. Por ello, desde el inicio de la actividad se instaló una pequeña red sísmica temporal de varios sismógrafos de periodo corto. Durante el tiempo de registro han ocurrido más de 60 eventos, cuya localización se encuentra claramente dentro de la zona descrita y con epicentros someros ( $h < 10$  km). Dicha actividad no sólo se ha expandido, sino que ha migrado hacia el NNW, hacia San Luis Potosí, siguiendo la orientación de la Sierra Madre Oriental (NW-SE). Este comportamiento refleja que la actividad sísmica en la zona no es despreciable y la revela como una de las zonas intraplacas probablemente más activas del país. La población de eventos registrados hasta el momento, zona anteriormente considerada como asísmica, hace necesario incrementar el monitoreo regional, así como instalar estaciones permanentes que sirvan como referencia de eventos posteriores y faciliten la localización de los epicentros. Ello permitirá tener un registro objetivo de la actividad y la continuidad de estudios sismotectónicos que harán posible identificar las fuentes sismogénicas. Es imperioso caracterizar sísmicamente la zona para establecer si el origen del movimiento es por fallamiento recurrente o reactivación de fallas. Varias de las estructuras locales son contemporáneas a la formación de la Sierra Gorda, la cual se formó debido a un proceso orogénico causado por esfuerzos compresivos, mismos que dieron origen a la Sierra Madre Oriental y donde en algún momento han ocurrido también esfuerzos distensivos. La información recabada permitirá a las autoridades y a la población tomar las precauciones necesarias ante eventos similares o mayores que representen peligros potenciales.

## SIS-40 CARTEL

**SISMOS MEXICANOS DEL 2007 CON MAGNITUD M>5.0**

Franco Sánchez Sara Ivonne, Quezada Reyes Aída, Cárdenas Monroy Caridad, Jiménez Cruz Casiano y Valdés González Carlos

*Servicio Sismológico Nacional*

ivonne@ssn.ssn.unam.mx

Durante el año 2007, el Servicio Sismológico Nacional de México reportó 29 eventos, de magnitud  $M \# 5.0$ , que ocurrieron dentro del territorio nacional. La mayoría de estos eventos se localizaron en los límites de placas que interactúan en nuestro país. En este trabajo se hace una descripción de cada uno de estos eventos, de sus principales características así como de su relación con el ambiente tectónico en el cual ocurrieron.

En Mayo 2007, se registró un sismo de magnitud  $M_w = 5.6$  en el Golfo de México. Debido a su localización, este evento es de gran interés, ya que, por un lado, se localiza en la zona estable de la placa de Norte América (lejos de los límites de placas), pero dentro de una zona con gran impacto económico (plataformas petroleras). La ocurrencia de sismos de esta magnitud podrían representar un riesgo para la infraestructura petrolera de la región.

## SIS-41 CARTEL

**EFFECT ON PROPERTIES DUE TO IMPERFECT ELASTIC CONTACT AMONG GRAINS IN PERIODIC COMPOSITES**

Sabina Ciscar Federico<sup>1</sup>, López Realpozo Juan<sup>2</sup>, Rodríguez Ramos Reinaldo<sup>2</sup>, Guinovart Díaz Raul<sup>2</sup> y Bravo Castellero Julian<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM

<sup>2</sup>Universidad de la Habana

fjs@mym.iimas.unam.mx

A fiber-reinforced periodic piezoelectric composite where the constituents exhibit transverse isotropic properties is considered. The fiber cross-section is circular and the periodicity is either square or hexagonal. Mechanical imperfect contact condition at the interface between matrix and fibers is studied. The effective axial coefficients are obtained by means of the asymptotic homogenization method. Some numerical examples are given. When there is no piezoelectric coupling, the interface imperfection may be of interest to modelling rocks whose grains need not be in perfect welded contact.

## SIS-42 CARTEL

**CAMBIOS EN NIVEL DE AGUA SUBTERRÁNEA ASOCIADOS CON EL SISMO MW=5.4 DEL 24 DE MAYO, DE 2006, VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO**

Sarychikhina Olga, Glowacka Ewa y Vázquez González Rogelio

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

osarytch@yahoo.com

El sismo ocurrido el 24 de Mayo de 2006 en el Valle de Mexicali tuvo una magnitud  $M_w = 5.4$ , profundidad de 3.6 km y mecanismo de ruptura normal. El sismo produjo significativos daños materiales, numerosas grietas y rupturas en la superficie, y cambio de nivel de agua subterránea que fue registrado por los piezómetros de la red de monitoreo de pozos de Mexicali.

La red de monitoreo de pozos de Mexicali ha estado en operación desde el 2003 de manera prácticamente continua, y consiste de 8 pozos equipados con medidores de registro continuo, programados para registrar los datos del nivel de agua y temperatura con un período de 5 minutos. La mayoría de los pozos tienen profundidad de 150 m, excepto pozo PZ-1 y II-9, que tienen 500 y 15 m de profundidad, respectivamente.

Durante el sismo de 24 de Mayo de 2006, 6 piezómetros estaban en operación y todos ellos registraron los cambios de nivel de agua subterránea debido al sismo. Un pozo, II-9, no estaba instrumentado pero presentó el flujo artesiano después del sismo. Los registros de piezómetros muestran que el cambio de nivel de agua en los pozos ocurre durante el sismo. El cambio

más grande de 6.7 m ocurrió en el pozo PZ-1 que se encuentra mas cerca al epicentro. Los otros pozos presentaron cambios de orden de centímetros.

Los cambios en niveles de agua subterránea y tazas de la descarga de los ríos, asociados con los sismos, han sido ampliamente reportados [Roeloffs, 1996, King et al., 2006]. En un simple modelo lineal, los niveles de agua subterránea bajan o suben dependiendo de si el acuífero conectado se dilata o se contrae debido a la redistribución sismogénica del campo de tensión inducido por un sismo.

Para verificar si los cambios observados en el nivel de agua subterránea que seguían el sismo del 24 de mayo de 2006 podrían explicarse por la deformación causada por este sismo, calculamos la tensión volumétrica estática en la profundidad de los pozos. Realizamos los cálculos usando modelo de fractura rectangular en el semi-espacio elástico obtenido por Sarychikhina et al., [2008] y el software de EDGRN/EDCMP [Wang et al., 2003]. Para el modelo, el signo del cambio de nivel de agua cosísmico registrado esta de acuerdo con la tensión volumétrica estática inducida por el sismo, excepto para dos pozos. Estas dos discrepancias pueden ser resultado del efecto del sitio como heterogeneidad en la estructura geológica que puede explicar la respuesta no-lineal del nivel de agua subterránea a la tensión cosísmica.

Asumiendo que el comportamiento elástico del acuífero afectado puede ser descrito por teoría poroelástica lineal [Roeloffs, 1996], nosotros estimamos la amplitud del cambio de nivel de agua esperado en los pozos y lo comparamos con el registro del cambio real.

Los resultados del análisis de los cambios del nivel de agua subterránea sugieren que, en este caso particular, el simple modelo puede explicar la variabilidad y la amplitud de las señales hidrológicas.

SIS-43 CARTEL

### **DETERMINACIÓN DE LOS PROCESOS DE RUPTURA DE LOS EVENTOS DE LA ZONA COSTERA DE OAXACA(M>6) EN EL PERIODO DE 1982-1999**

Zavaleta Ramos Ana Belém y Quintanar Robles Luis

*Instituto de Geofísica, UNAM*

grifo@ciencias.unam.mx

El Estado de Oaxaca es una de las regiones de más alta sismicidad en México; se han realizado muchos estudios sobre esta región por investigadores tanto nacionales como extranjeros; uno de los primeros fue el llevado a cabo por Orozco y Berra (1976).

En este trabajo hemos intentado determinar en la medida de lo posible un catálogo homogéneo y confiable de los procesos de ruptura en el estado de Oaxaca. Para ello se ha tomado en cuenta toda la información disponible en la base de datos del Servicio Sismológico Nacional en conjunto con la Universidad de Harvard, durante los años de 1982 a 1999.

La región de interés para este estudio está situada entre los 15.49° y los 16.54° latitud norte y los 94.07° y los 98.98° de latitud oeste; las fronteras físicas en la costa son el Istmo de Tehuantepec al este y el Estado de Guerrero al oeste.

Se recopilamos los eventos con una magnitud MS #6.0 y con profundidades mayores a 3km ocurridos en la zona costera de Oaxaca de 1982 a 1999.

Se hace una revisión de la geología del estado de Oaxaca, su ubicación, sus fronteras, se describen los métodos de análisis utilizados y todos los parámetros que se requieren para encontrar la distribución espacio-temporal de liberación de energía ocasionados por el terremoto; el análisis de los datos correspondientes a los eventos de 1982 a 1999.

La intención del presente trabajo es dar una modesta cobertura a la necesidad de entender mas claramente el comportamiento del fenómeno de subducción entre la Placa de Cocos y la Placa de Norteamérica en el tramo que representa el Estado de Oaxaca, altamente activo. En tal sentido se ha intentado presentar una compilación, ordenamiento y análisis inicial que pueda servir de base a más estudios sobre este tema apasionante de la sismicidad en México.

Sesión Regular

# **Vulcanología**

Organizadores:  
Juan Carlos Mora Chaparro  
José Luis Arce

VUL-1

**LA CARACTERÍSTICA DEL PROCESO  
EFUSIVO-EXPLOSIVO DE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN  
DE COLIMA EN 2004-2005 DERIVADA DE LAS  
OBSERVACIONES SISMOLÓGICAS Y DE INCLINOMETRÍA**

Zobin Peremanova Vyacheslav, Ramírez Ruiz Juan  
J., Santiago Jimenez Hydyn, Alatorre Chávez Eliseo,  
Reyes Davila Gabriel A. y Bretón González Mauricio

*Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima*  
vzobin@uocol.mx

La extrusión de lava andesítica en bloque del Volcán de Colima en Septiembre-Octubre de 2004 fue acompañada por la secuencia de las explosiones Vulcanianas fuertes en Marzo-Junio de 2005. Las observaciones simultáneas sísmológicas y de la inclinometría nos permitan mostrar las características principales del proceso eruptivo. La extrusión de lava fue precedida por una anomalía de inflación y acompañada por una anomalía de deflación. La amplitud de la deflación fue bien correlacionada con la tasa de emisión de lava. La sismicidad asociada con la extrusión de lava fue presentada por numerosas señales sísmicas de derrumbes y flujos piroclásticos. Con la terminación de la actividad efusiva y construcción de un domo de lava en el cráter del volcán, el periodo de deflación fue registrado durante tres meses. Durante este periodo, muchas explosiones pequeñas fueron observadas. En Marzo de 2005, el proceso de deflación inició, acompañado por dos secuencias de las explosiones Vulcanianas fuertes en Marzo y Mayo-Junio. La energía de dos eventos de Marzo y seis eventos de Mayo-Junio, determinada con los registros sísmicos de banda ancha, fue mayor de  $1 \times 10^{12}$  J; la explosión más grande fue observada el 5 de Junio con la energía de  $1.5 \times 10^{13}$  J. La comparación de los valores de inclinometría, observados en las estaciones situadas en las altitudes de 3060 m y 2200 m, indica la posición del depósito de magma durante la extrusión dentro de los primeros 1000 m debajo del cráter y muestra, junto con los datos sísmológicos, un incremento de las profundidades de generación de las explosiones fuertes de Marzo a Junio.

VUL-2

**ANÁLISIS DE BALÍSTICOS EN LAS ERUPCIONES  
VULCANIANAS DE 1999 Y 2003 DEL VOLCÁN  
DE COLIMA: MODELACIÓN FÍSICA Y  
ESTIMACIÓN DE LA ENERGÍA CINÉTICA**

López Rojas Mario y Varley Nick  
*Universidad de Colima*  
mario\_lopez@uocol.mx

Dentro de los peligros que ofrece un volcán en actividad se encuentran los proyectiles balísticos que son característicos de las explosiones estilo vulcaniano. Las explosiones del Volcán de Colima ocurridas en 1999 y en 2003 arrojaron fragmentos balísticos a la atmósfera. Las velocidades estimadas para algunos balísticos de las explosiones de 1999 fueron supersónicas ( $>350$  ms<sup>-1</sup>). Los modelos bajo los cuales se realizó el análisis son el parabólico, que considera la ausencia de aire en el vuelo de los proyectiles; y el hiperbólico, en el que se dice que la fuerza de dragado o de fricción del aire es proporcional al cuadrado de la velocidad, y depende de las características del fragmento y del medio a través del cual se mueve. La fuerza de dragado depende del coeficiente de dragado, y este a su vez, depende

de los números de Mach y de Reynolds. Los balísticos de las explosiones de 1999 se caracterizaron por tener un mayor rango en tamaños y tipos, además presentaron mayor grado de alteración, comparados con los de 2003. La dirección dominante que siguieron los proyectiles fue al noreste para las explosiones de 1999 y al norte durante 2003. La máxima densidad calculada fue de  $2 \times 10^{-3}$  impactos m<sup>-2</sup> para las explosiones ocurridas en 1999 y  $3 \times 10^{-4}$  impactos m<sup>-2</sup> durante 2003. La modelación física de los proyectiles permitió hacer un mapa en el que se definieron zonas de riesgo por caída de proyectiles balísticos bajo condiciones de un escenario de máxima energía liberada por el volcán para explosiones tipo vulcaniano.

VUL-3

**ANÁLISIS MORFOLÓGICO DEL VULCANISMO  
MONOGENÉTICO EN EL ÁREA DE LA CORONA-  
ZEMPOALA, SUR DE LA SIERRA DE LAS CRUCES**

Torres Orozco Rafael<sup>1</sup> y Arce Saldaña José Luis<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM*  
<sup>2</sup> *Instituto de Geología, UNAM*

rtofelio@hotmail.com

El área comprendida entre los estratovolcanes La Corona y Zempoala ( $18^{\circ}56'15''$  N -  $99^{\circ}09'57''$  O y  $19^{\circ}13'33''$  N -  $99^{\circ}30'31''$  O) al sur de la Sierra de las Cruces, se ubica aproximadamente a 20 km al suroeste de la ciudad de México y forma la porción norte de la ciudad de Cuernavaca, Morelos. En esta zona existen alrededor de 133 volcanes monogenéticos con una gran variedad de depósitos y formaciones del relieve. Se llevó a cabo un análisis morfológico en una muestra de 47 volcanes monogenéticos bien definidos, considerando variables morfométricas y morfogenéticas con las cuales se establecieron cuatro grupos de conos cineríticos, con distintas edades relativas según su estado de degradación: conos de edad joven, de edad en transición de joven a madura, de edad madura y hasta conos de edad vieja. Estas edades relativas se compararon y correlacionaron con edades absolutas de otros campos y de otros volcanes monogenéticos del Campo Volcánico Chichinautzin, cuyos resultados fueron equiparables. De esta manera, a los conos más degradados les correspondería una edad de entre 0.03 y 0.025 Ma; mientras que los más jóvenes se ubican entre 0.01 y 0.008 Ma. Por lo tanto, se concluye que el vulcanismo monogenético en esta zona de intersección entre la Sierra de las Cruces y el Campo Volcánico Chichinautzin ocurrió en cuatro etapas principales en un tiempo comprendido entre 0.3 a 0.008 Ma. Adicionalmente, se analizaron los alineamientos de conos por el método de mínimos cuadrados, siendo las direcciones E-O, NE-SO y NNO-SSE las más importantes y que corresponden con sistemas de fallas más regionales como por ejemplo el Sistema de Fallas Tenango, Falla La Pera, Falla Chalma y la Falla Cañón de Lobos. De acuerdo con las edades relativas, el vulcanismo inició en las faldas de los volcanes La Corona y Zempoala y evolucionó hacia el exterior, es decir, que los conos con formas mejor preservadas se encuentran más alejadas de dichos volcanes poligenéticos.

VUL-4

## ESTUDIOS MORFOMÉTRICOS DE LAS PARTÍCULAS SEDIMENTARIAS Y SUS APLICACIONES A LA VULCANOLOGÍA

Sarocchi Damiano<sup>1</sup> y Macías José Luis<sup>2</sup><sup>1</sup>Instituto de Geología, UASLP<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

damiano.sarocchi@uaslp.mx

La morfología de una partícula es una característica textural importante, que está relacionada con su composición, el ambiente durante su transporte y sedimentación y el tiempo durante el cual ocurren estos procesos. La historia de la partícula está grabada en su morfología, a diferentes escalas; por lo que su análisis morfométrico proporciona información útil para descifrarla.

El concepto de forma es muy complejo, la palabra tiene una infinidad de significados relacionados con la configuración exterior de un cuerpo. Según Barrett, (1980), la forma de una partícula se puede describir por medio de tres características esencialmente independientes: forma general, redondez y textura superficial.

Para poder clasificar los sedimentos, con base en las características morfométricas de sus partículas, se necesita una cuantificación precisa de los diferentes tipos de irregularidad. Existe una infinidad de índices numéricos que permiten cuantificar los diferentes aspectos de la forma de las partículas. Hace unas décadas, el tiempo de análisis era muy largo y las técnicas aburridas lo que había impedido la difusión de estos métodos. En la actualidad el incremento de la potencia de cálculo de las computadoras y el resurgimiento de las técnicas de análisis de imágenes han dado un nuevo impulso a este tipo de investigación.

En esta presentación se ilustran algunas técnicas de análisis morfométricos que hemos desarrollado o afinado durante los últimos años para cuantificar la forma de las partículas en todas las escalas (forma general, redondez y textura superficial).

La forma general de las partículas se midió tomando una fotografía de éstas e iluminándolas con un haz de luz de inclinación conocida. Mediante el análisis de imágenes se midieron directamente los ejes (a) y (b) del clasto en posición de descanso y el tercer eje (c) se obtuvo indirectamente midiendo la longitud de la sombra proyectada. Este método permite analizar la forma general de partículas de todas dimensiones (hasta microscópicas) con elevada precisión y rapidez. Las irregularidades más finas (redondez y textura) se cuantificaron por medio de dos métodos "bidimensionales", basados en el análisis de los perímetros de los clastos. Uno de los métodos consiste en desarrollar el perímetro de la partícula efectuando un cambio de variable que permite la escritura del mismo con respecto a las coordenadas polares y en su descomposición mediante el análisis de Fourier, como si se tratara de una onda periódica. Siendo las amplitudes de las armónicas (que forman la función de onda) relacionadas con ciertas irregularidades de una escala determinada, a partir de éstas, hemos desarrollado índices numéricos muy efectivos para cuantificar determinados tipos de formas. El otro método, complementario al anterior, analiza el perímetro mediante la geometría fractal y proporciona la dimensión fractal estructural y la textural relacionada con irregularidades de escala diferente.

Además de presentar los métodos morfométricos utilizados en nuestros estudios, se describen algunos ejemplos de los resultados obtenidos aplicando estas técnicas a depósitos piroclásticos y epiclásticos del Volcán de Colima.

VUL-5

## ESTRATIGRAFÍA DEL SECTOR NE DEL COMPLEJO VOLCÁNICO TACANÁ, MÉXICO-GUATEMALA

Arce Saldaña José Luis<sup>1</sup> y Macías José Luis<sup>2</sup><sup>1</sup>Instituto de Geología, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

jlarce@geologia.unam.mx

La actividad volcánica en el Complejo Volcánico Tacaná se ha caracterizado por su diversidad en estilos eruptivos, tanto efusivos como explosivos. En la actividad explosiva se han registrado erupciones de destrucción de domo que han originado depósitos de flujos de bloques y cenizas, erupciones plinianas que han depositado grandes secuencias de caída de pómez y flujos piroclásticos asociados, así como colapsos de sus flancos generando avalanchas de escombros. El registro estratigráfico demuestra que el CVT inició su actividad hace aproximadamente >200,000 años con la formación del volcán Chichuj y edificado dentro de los remanentes de una caldera, denominada San Rafael fechada en 1 Ma. En el sector NE se han reportado 8 unidades piroclásticas que de manera cronológica son: Depósito de Caída Pómez Blanca (<280,000 años AP), Pómez de Caída I (~29,000 años AP), Avalancha Chichuj (~23,500 años AP), Depósito de Caída Pómez Sibinal (~23,000 años AP), Flujo Piroclástico La Vega (<23,000 años AP), Flujo Piroclástico San Rafael (~16,000 años AP) y Pómez Tacaná (~14,000 años). Cabe destacar que la mayoría de los productos juveniles de estos depósitos son de composición andesítica (58 a 61 % en peso de SiO<sub>2</sub>) con una asociación mineralógica similar (plagioclasa, orto y clinopiroxeno, óxidos de Fe-Ti y en menor proporción anfíbol), a excepción del depósito Pómez Blanca que es de composición riolítica (71 a 75 % en peso de SiO<sub>2</sub>), y con una asociación mineralógica distinta (cuarzo, biotita, plagioclasa, y anfíbol). Estos datos demuestran que la actividad volcánica en el CVT ha sido muy intensa y que ha registrado magmatismo riolítico, reportado por primera vez en este trabajo.

VUL-6

## ESTRUCTURA VOLCÁNICA APAS DEL ARCO VOLCÁNICO CHIAPANECO HIPÓTESIS SOBRE SU ORIGEN Y SUS IMPLICACIONES

Sánchez Rojas Edmundo<sup>1 y 2</sup>, Mora Juan Carlos<sup>3</sup>,Salinas Prieto Juan Carlos<sup>1</sup> y Garciadiego Ana<sup>1</sup><sup>1</sup>Servicio Geológico Mexicano<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

edmundsanchezr@gmail.com

La estructura volcánica de Apas se encuentra localizada en las inmediaciones del poblado del mismo nombre forma parte del Arco Volcánico de Chiapas y junto con la estructura denominada Navenchouc son las únicas estructuras que no se encuentran alineadas en la misma dirección (N-S) de este arco. Apas se localiza en la Sierra de los Altos de Chiapas, cuyas coordenadas UTM son 15Q 522,815 y 1848210, es una estructura en forma de herradura de 2.87 km de diámetro. Asociada a esta estructura se encuentra una secuencia de depósitos de Flujos de Bloques y Cenizas (FBC), Flujos de Pómez (FP) y Flujos de Cenizas (FC), en dos direcciones de emplazamiento: al SO y NO.

Esta estructura fue definida, con base a su estructura morfológica, como una estructura de colapso que dio origen a un depósito de flujos piroclásticos en forma de abanico de FBC. El depósito de FBC es de color gris claro y se encuentra alternados con los FC y FP. Se trata de depósitos monolitológicos donde predominan los líticos de color gris claro sub-angulosos de hasta 5cm de longitud, aunque también se encontraron líticos accidentales de color rojo de 2cm de tamaño y en menor proporción líticos de rocas caliza de color gris claro ~6cm de longitud.

Los depósitos de FBC también se encuentran al exterior de la estructura volcánica. El mayor de éstos presenta forma de abanico con dirección del depósito hacia el SO, con una longitud máxima de 12 km, una amplitud de 23 km, y cubre un área ~157 km<sup>2</sup>. con un volumen de 7850 km<sup>3</sup>. Este depósito se origina por dos eventos eruptivos diferentes separados por un paleosuelo.

Con base en una cartografía detallada, se observó que no existen evidencias de un domo volcánico ó de fracturamiento por intrusión forzada pneumatolítica ó explosión hidromagmática en la caliza encajonante de la periferia de la estructura de Apas, lo que nos indica que no existe una estructura de colapso volcánica y que su forma se asocia más bien al colapso de un sistema kárstico, lo que dio origen a una gran dolina, la cual fue cubierta por los flujos piroclásticos provenientes de una actividad freatomagmática que destruyó el domo de Navenchauc y generó el cráter de explosión. De esta manera los depósitos que provienen de Navenchauc, son tanto los que descienden hacia la población de Ixtapa (con un área ~68 km<sup>2</sup>. y volumen de 4760 km<sup>3</sup>), como los del Abanico de Apas (con área ~157 km<sup>2</sup>. y volumen de 7850 km<sup>3</sup>), sumando un área de ~225 km<sup>2</sup> con un volumen total de 2610 km<sup>3</sup> lo que tiene implicaciones muy importantes referente al potencial destructivo de la estructura de Navenchauc con un alto índice de peligrosidad para los pobladores de la región.

VUL-7

### **MODELO DE EVOLUCIÓN MAGMÁTICA DEL ARCO VOLCÁNICO CHIAPANECO, DESDE EL DOMO VOLCÁNICO VENUSTIANO CARRANZA HASTA EL CHICHONAL**

Mora Juan Carlos

*Universidad Nacional Autónoma de México*

jcmora@geofisica.unam.mx

Se presenta un modelo de evolución magmática del Arco Volcánico Chiapaneco que abarca desde el Domo Volcánico Venustiano Carranza hasta el Chichonal. En este modelo se describen tres tipos de actividad en la zona:

- Actividad efusiva acompañada con eventos explosivos que ha dado origen a Domos Volcánicos rodeados por depósitos piroclásticos.

- Actividad Freatomagmática en zonas de dolinas y acuíferos someros

- Actividad Explosiva de tipo Pliniano con eventos efusivos y formación de domos.

Esta actividad inicio hace 8 Ma y continúa hasta el presente.

VUL-8

### **LA IGNIMBRITA EL CASTILLO, UN DEPÓSITO PIROCLÁSTICO DEL PLIOCENO SUPERIOR EN LA REGIÓN ORIENTAL DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA**

Morales Barrera Wendy Vanesa<sup>1</sup> y Rodríguez Elizarrarás Sergio<sup>1 y 2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Tierra, UV

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

geologamorales@gmail.com

El área de estudio se localiza en los alrededores de la ciudad de Xalapa Veracruz. Dentro de esta zona se identificó un flujo piroclástico al cual se le asignó el nombre de ignimbrita El Castillo (IEC). El depósito consiste de 2 litofacies, una consolidada y una no consolidada: La primera está compuesta por pómez de formas elongadas, subredondeadas de color gris, con biotita como mineral distintivo y líticos accidentales de basalto y andesita soportados por una matriz de ceniza de esquirlas de vidrio y cristales. Una característica singular de esta litofacies es la presencia de esferulitas. La litofacies no consolidada es una sucesión de flujos piroclásticos granulares masivos, de color blanco a ocre. Contienen pómez ovaladas y fibrosas de color crema, líticos accidentales de basalto y andesita, embebidos en una matriz de tamaño de lapilli formada por pómez, cristales y líticos. En la cima del depósito se observan tubos de desgasificación de forma cilíndrica con longitudes de 10 a 150 cm y diámetro de 5 a 7 cm, enriquecidas en fragmentos de líticos accidentales.

La distribución de la IEC cubre una superficie de 636.75 km<sup>2</sup>, y su expresión morfológica son mesetas alineadas en dirección NW-SE. Su espesor está controlado por la paleotopografía, por lo que varía de 2 hasta 70 m. Si se considera un espesor promedio de 35 m se obtiene un volumen de 22.28 km<sup>3</sup>. De acuerdo al tamaño y proporción del contenido de pómez sus facies proximales se ubican al NW, en tanto que las facies distales se encuentran hacia el SE respecto a su área de distribución.

Petrográficamente la ignimbrita presenta una asociación mineralógica de sanidino, albita, cuarzo, biotita, minerales opacos (óxidos de Fe-Ti) y zircón (traza), embebidos en una matriz vítrea. Químicamente se clasifica como una riolita, con afinidad calcalcalina y alto contenido en potasio. Presenta un enriquecimiento en tierras raras ligeras, un patrón constante para las pesadas y una fuerte anomalía negativa de Eu.

La formación Guzmantla del Mesozoico tardío constituye el basamento prevolcánico de la IEC, la cual a su vez está cubierta por los derrames de lava del Campo Volcánico de Xalapa y los depósitos de escombros de Las Cumbres. La edad obtenida para la IEC por el método 40Ar/39Ar, se encuentra entre 2.436 ± 0.125 y 2.208 ± 0.071 Ma por lo que se le asigna una edad del Plioceno Tardío.

Hasta el momento su fuente de emisión no se ha logrado determinar; sin embargo, de acuerdo a sus características texturales se presume que podría estar localizada en una región al noroeste de la ciudad de Xalapa y que estaría cubierta por depósitos volcánicos mas recientes. La IEC presenta varios de los rasgos que son comunes a las ignimbritas de la FVTM.

VUL-9

## LA IGNIIBRITA CARBONEROS: IMPACTO GEOLOGICO Y GEOMORFOLÓGICO DE UNA ERUPCIÓN SILÍCICA MAYOR DEL PLIOCENO TEMPRANO EN EL ESTADO DE HIDALGO

Ferrari Luca<sup>1</sup>, Orozco Esquivel Teresa<sup>1</sup>, López Martínez Margarita<sup>2</sup> y Hernández Montserrat<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE

luca@geociencias.unam.mx

En el extremo noreste de la Faja Volcánica Trans-Mexicana, entre Molango y Tulancingo (Hgo.), existen extensos afloramientos de basaltos y rocas volcánicas silícicas que cubren discordantemente la paleotopografía erosionada de la Sierra Madre Oriental. Estas rocas, previamente cartografiadas de manera indistinta como tobas y basaltos del Mioceno y Plioceno, habían sido estudiadas de manera preliminar hace casi tres décadas por Cantagrel y Robin (1979) y Robin (1981), que también proporciona, algunas fechas K-Ar entre 7.4 y 2.3 Ma. En el marco de un proyecto sobre el volcanismo bimodal de la parte oriental de la FVTM hemos realizado un nuevo estudio geológico y geocronológico sobre esta región. La evolución petrológica del volcanismo y sus implicaciones geodinámicas se presentan en otro resumen de esta reunión (Orozco y Ferrari). Aquí documentamos por primera vez un evento eruptivo explosivo mayor que impactó profundamente la paleogeografía de la región: la erupción de la Ignimbrita Carboneros. Esta unidad está constituida por una secuencia de depósitos piroclásticos de flujo, caída y oleada, actualmente expuestos en un área de más de 500 Km<sup>2</sup> entre Molango y Tulancingo, así como dos extensos domos de riolitas peraluminosas emplazados inmediatamente después al este de Zacualtipán y al norte de Metepec. La fuente de la secuencia ignimbrítica es un relieve subcircular ubicado en medio de estos dos domos al sur del poblado de Carboneros de Jacales, que se interpreta como una caldera resurgente. La unidad principal de la Ignimbrita Carboneros, en proximidad de la fuente, produjo una edad 40Ar-39Ar de 4.36 Ma, compatible con las edades K-Ar de 4.3 y 4.4 obtenidas por Cantagrel y Robin (1979) para dos muestras de tobas recolectadas cerca de Metepec y Zacualtipán, respetivamente. En varios lugares la secuencia ignimbrítica cubre a coladas de basaltos alcalinos con edades 40Ar-39Ar indistinguibles dentro de la incertidumbre.

La erupción de la Ignimbrita Carbonero fue un evento catastrófico que tuvo un impacto geomorfológico determinante en la región. Los flujos piroclásticos rellenaron y obstruyeron por lo menos siete valles mayores que drenaban hacia el NE en esta parte de la Sierra Madre Oriental. Esto resultó en una reorganización mayor del drenaje que obligó el Río Venados a cambiar su curso en dirección NW. La obstrucción del drenaje provocó también la deposición de una espesa secuencia fluvio-lacustre con intercalaciones de coladas basálticas conocida como Formación Atotoniico, que tiene espesores de casi 500 m. La edad de fósiles encontrados en la parte más oriental de la secuencia del paleo-lago (cerca de Amajac) es del Blancano (Arellano-Gil et al., 2005) en acuerdo con los basaltos intercalados en la secuencia a lo largo del Río Venados que han producido varias edades 40Ar-39Ar entre 3.8 y 2.4 Ma. Al sur de la caldera, las últimas coladas basálticas son cubiertas por coladas y domos riolíticos peralcalinos fechados en 2.14 Ma por 40Ar-39Ar.

VUL-10

## NUEVAS OBSERVACIONES DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA TOBA DE SAN FELIPE, BAJA CALIFORNIA Y SONORA

Stock Joann<sup>1</sup>, Martín Barajas Arturo<sup>2</sup>, Vidal Solano Jesús<sup>3</sup>, Paz Francisco<sup>3</sup>, Chapman Alan<sup>1</sup> y Hernández Méndez Gianna<sup>1</sup>

<sup>1</sup>California Institute of Technology, USA

<sup>2</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE

<sup>3</sup>Universidad de Sonora

jstock@gps.caltech.edu

La Toba de San Felipe es una ignimbrita riolítica de gran extensión geográfica que se reconoció primeramente en Baja California en la zona entre Puertecitos, San Felipe, y la Sierra San Pedro Mártir donde ocurre densamente soldada hasta reomórfica y presenta características únicas de composición riolítica alta en sílice y un vitrófiro negro en la base. Una característica clave es la presencia de una dirección poco común de remanencia paleomagnética hacia el SW y casi horizontal (Stock y otros, 1999 JVGR). Esta dirección inusual se atribuye al efecto de enfriamiento durante un cambio de polaridad, y/o una excursión, del campo geomagnético. La edad de esta toba ha sido reportada generalmente como 12.5 Ma (Mioceno medio) aunque las edades varían entre 11.6 y 13.2 Ma debido al contenido de xenocristales (Vidal-Solano y otros, este volumen). La misma toba soldada fue reconocida en Isla Tiburón y en la costa de Sonora, hasta Hermosillo (tesis doctoral de Oskin, 2002). Este trabajo presenta nuevos datos paleomagnéticos que extienden la correlación de esta toba a la parte central de Isla Ángel de la Guarda y a otras localidades en Sonora al norte, noroeste y sur de Hermosillo. Utilizando desmagnetización con campos alternantes, vemos un comportamiento típico y muy lineal, con la misma dirección de remanencia paleomagnética hacia el SW y casi horizontal en muestras de afloramientos de una ignimbrita hiperalkalina con las mismas características mineralógicas y composicionales de los afloramientos previamente estudiados (Vidal-Solano y otros, 2007 RMCG). La ignimbrita de Isla Ángel de la Guarda (Martín-Barajas y otros, 2008) no se presenta densamente soldada debido posiblemente a que se emplazó en una localidad más alejada de la fuente. También reportamos resultados paleomagnéticos de sitios en Sonora: San Miguel de Horcasitas, El Gavilán, Sierra Libre y Cerro La Ceja, y una posible correlación con afloramientos localizados al norte de Cataviña, Baja California. Estas observaciones contribuyen a extender el área de influencia de la Toba de San Felipe más allá de los afloramientos conocidos (Vidal-Solano y otros, este volumen) y permiten el acomodamiento de Isla Tiburón, Isla Ángel de la Guarda, Baja California y Sonora a sus posiciones relativas hace aproximadamente 12 Ma.



VUL-11

### **LAS IGIMBRITAS HIPERALCALINAS DEL NW DE MÉXICO: UNA MEGA ERUPCIÓN DURANTE EL MIOCENO MEDIO?**

Vidal Solano Jesús<sup>1</sup>, Stock Joann<sup>2</sup>, Iriondo Alexander<sup>3</sup> y Paz Francisco<sup>1</sup><sup>1</sup>*Departamento de Geología, Universidad de Sonora*<sup>2</sup>*California Institute of Technology, USA*<sup>3</sup>*Centro de Geociencias, UNAM*

jrvidal@ciencias.uson.mx

Los vestigios de una ignimbrita comendítica, registran numerosos afloramientos desde el pie de la Sierra Madre Occidental en Sonora, hasta el norte de Baja California. La amplia extensión geográfica de estos depósitos de flujo piroclástico, han resultado ser un marcador estratigráfico relevante dentro del marco geológico regional. La posición en tiempo y espacio, y la afinidad anorogénica del magma, permitió establecer que su génesis ocurrió en un rift intracontinental perteneciente al sistema del proto-Golfo de California.

La gran similitud en mineralogía, composición química y edad de todos los depósitos apoya fuertemente una correlación litológica: presencia exclusiva de una asociación con minerales anhídros, ligeras variaciones en las concentraciones de elementos traza incompatibles e inmóviles y, un rango de edades entre 11.6 y 12.8 Ma que hace difícil la distinción de grupos.

Los resultados paleomagnéticos en esta ignimbrita, indican que todos las exposiciones estudiadas hasta el momento tienen la misma dirección de remanencia paleomagnética (Stock et al., en esta reunión). Esto sugiere que podría tratarse de una misma unidad de emplazamiento, originalmente propuesta como la Toba de San Felipe (Stock et al., 1999 JVGR), cuya fuente ha sido determinada en la zona costera de Sonora (Oskin, 2002 tesis doctoral). De ser así, esta corriente piroclástica densa, habría atravesado por lo menos 100 km hacia el Oeste en Baja California y, más de 200 km hacia el interior de Sonora repartiéndose de Norte a Sur a lo largo de 125 km (Hernández-Méndez et al., 2008 GSAM).

Nuevos experimentos de <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar fueron realizados en la Toba de San Felipe, incluyendo 41 fenocristales de sanidina dentro de inclusiones menos silíceas que ocurren frecuentemente en la localidad de Delicias, Baja California. Los datos obtenidos, que varían entre 11.6 y 13.19 Ma, se agrupan con frecuencia en dos conjuntos de valores (12.35 y 12.71 Ma). Estos valores, que son consistentes con las edades, usualmente, más reportadas en la literatura para estos depósitos, sugieren la inyección de un líquido traquítico en un reservorio comendítico justo antes de la erupción. Por otra parte, la variación encontrada en las edades de los cristales de sanidina puede ser derivada de la alta residencia y fraccionamiento de los magmas en la corteza superior, como ha sido expuesto por los estudios isotópicos encaminados a la petrogénesis de estas rocas (Vidal-Solano et al., 2008 BSGF).

Además de la hipótesis de una mega erupción, se plantea la posibilidad de la existencia de varios puntos de emisión, debido a la presencia, en algunas localidades, de más de una unidad ignimbérica de enfriamiento, que además, en algunos casos, está cubierta por derrames de lava de la misma composición y mineralogía, que indicarían un menor transporte. Trabajos en proceso, que comprenden la anisotropía de susceptibilidad magnética, la fábrica de los depósitos y el análisis de imágenes de satélite de tipo ASTER (Olguín-Villa et al., en esta reunión), permitirán comprender mejor la distribución espacial de los

afloramientos, localizar la probable ubicación de otros puntos de emisión y precisar la polaridad de estos flujos.

VUL-12

### **ESTABLECIMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS DEPÓSITOS IGIMBRÍTICOS HIPERALCALINOS EN EL NW DE MÉXICO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE IMÁGENES ASTER**

Olguín Villa Angel Enrique<sup>1</sup>, Stock Joann<sup>2</sup> y Vidal Solano Jesús<sup>1</sup><sup>1</sup>*Departamento de Geología, Universidad de Sonora*<sup>2</sup>*Seismological Laboratory, California Institute of Technology*

enriqueolguin@live.com.mx

La combinación convencional, entre un trabajo de campo y un análisis tanto de fotografías aéreas como de imágenes de satélite, es eficiente para el reconocimiento de afloramientos similares de origen volcánico, más no suficiente para distinguir con mayor precisión entre unidades con diferente composición química.

Con el objetivo de localizar nuevos afloramientos de una unidad volcánica en particular, dentro del marco del proyecto "Estudio de los mecanismos eruptivos y de la petrogénesis del volcanismo hiperalcalino en el NW de México", se llevo a cabo un análisis de imágenes de satélite multispectrales de tipo ASTER utilizando el software ENVI Solutions 4.5. Este proyecto contempla, entre otras cosas, comprender mejor la distribución espacial de los afloramientos relacionados con el evento hiperalcalino del Mioceno medio en Sonora y Baja California.

Las imágenes ASTER han sido principalmente utilizadas para la interpretación geológica y ambiental, dado que sus características espectrales y espaciales las hacen adecuadas para estudios a una escala semi-detallada de trabajo. El software utilizado, además de procesar de una manera sencilla todo tipo de imágenes, permite remover la influencia de la atmósfera con gran precisión corrigiendo la escena para obtener resultados más confiables.

Gracias a un trabajo previo de campo, fue posible definir zonas claves para un buen control de este análisis. En estas áreas, se conoce la ocurrencia de una ignimbrita hiperalcalina con una amplia dispersión que ha sido correlacionada con la Toba de San Felipe (Stock et al., Vidal-Solano et al., en esta reunión). Posteriormente, a partir de una clasificación supervisada con un método que permite determinar la similitud entre dos variables aleatorias multidimensionales (Distancia de Mahalanobis), se logró discriminar dicha ignimbrita, de las diferentes unidades litológicas a su alrededor.

Los resultados preliminares de este análisis de imágenes de satélite, proponen la existencia de nuevos afloramientos ignimbéricos, que son localizados aproximadamente a 30 km al Norte de la Sierra de López, última exposición estudiada hasta el momento en Sonora Central. Estos depósitos que ocurren en forma de mesetas y se encuentran cerca al nivel del valle actual en posición subhorizontal, reducen su espesor hacia el Norte. Sin embargo, los datos obtenidos en la porción de Baja California, no han sido hasta el momento favorables para la elaboración de un mapa preciso de distribución.

Las nuevas localidades con depósitos piroclásticos hiperalcalinos aquí propuestas están siendo corroboradas con trabajos de campo en curso. Finalmente, la integración de todos estos afloramientos ignimbéricos, será de gran ayuda

para la ubicación en un mapa de la cobertura de este gran evento hiperalkalino. Este trabajo, aunado a los resultados de los estudios de vulcanología física, permitirá esclarecer, si los depósitos provienen de uno o varios puntos de emisión; hipótesis originalmente establecida por riolitas fluidales de afinidad química similar que han sido relacionadas con emisiones locales (Vidal Solano et al., 2007 RMCG).

VUL-13

### MAFIC MAGMA RECHARGE SUPPLIES HIGH CO<sub>2</sub> AND SO<sub>2</sub> GAS FLUXES FROM POPOCATÉPETL VOLCANO, MEXICO

Roberge Julie<sup>1</sup>, Delgado Granados Hugo<sup>2</sup> y Wallace Paul<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>University of Oregon

roberge@geologia.unam.mx

Since late 1994, open-vent eruptive activity and degassing at Popocatepetl volcano, Mexico, have released large masses of CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub>. Tephra and lava produced by these eruptions show evidence for mixing of mafic and silicic magmas shortly before eruption. We present the first measurements of dissolved CO<sub>2</sub> in the mafic magma endmember based on analyses of olivine-hosted melt inclusions that were trapped at pressures as high as ~600 MPa (~25 km depth) beneath the volcano. We combine our data with thermodynamic models to show that degassing of mafic magma at ~200 to 450 MPa pressure can explain the CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> ratios (1-8) of volcanic gases released from the volcano during 1995-1997. Our results demonstrate that mafic magma recharge was responsible for the high measured fluxes of CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> from 1995-1997. The total SO<sub>2</sub> emission of 9 Mt during this period requires intrusion and degassing of a minimum of 0.8 km<sup>3</sup> of mafic magma. Only ~0.3% of this new mafic magma has been erupted in the form of mixed (hybrid) lava and tephra. Our results suggest that the ongoing eruption of Popocatepetl is essentially an intrusive event. More generally, we suggest that intrusion and deep degassing may explain the high gas fluxes at some other open-vent volcanoes rather than convection of magma in the uppermost parts of subvolcanic conduits.

VUL-14

### DETERMINACIÓN DE GASES VOLCÁNICOS MEDIANTE ESPECTROSCOPIA FTIR. RELACIÓN DE GASES DURANTE UNA ERUPCIÓN DEL 1º DE DICIEMBRE DEL 2007 Y VISUALIZACIÓN DE LA PLUMA DE SO<sub>2</sub> EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Ortega Martínez Ivan, Stremme Wolfgang y Grutter Michel

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

rottenound@gmail.com

Las emisiones de gases provenientes de volcanes y la interacción de estos con la contaminación urbana juegan un papel muy importante en la química atmosférica y en la formación de partículas. El monitoreo de emisión de volcanes da información no solo del efecto que provoca al medio ambiente sino también la actividad magmática en el interior del volcán. El muestreo directo de emisiones de gases de volcanes es difícil y peligroso. Se presentan las mediciones por percepción remota y el análisis espectroscópico por transformada de Fourier (FTIR) a una

distancia segura de 11 km del volcán Popocatepetl (19.02 °N, 98.62 °W, 5465 msnm). En la mañana del 1º de diciembre del 2007 se presentó una pequeña explosión en el cráter del volcán dando lugar a la formación de una pluma de cenizas y gases a una altura aproximada de 7.4 Km. Un análisis preliminar de los tres diferentes métodos de espectroscopia en el infrarrojo que se utilizaron se presentan en este trabajo dando prioridad a los primeros dos: 1) Espectroscopia de absorción utilizando el sol como fuente de luz infrarroja obteniendo la relación de HCl/SO<sub>2</sub>. 2) Detección pasiva a baja resolución (4cm-1) y barrido en 2 dimensiones mediante un escáner para la visualización y animación de la dispersión del SO<sub>2</sub>. 3) Espectroscopia de emisión de la pluma del cráter a resolución media (0.5 cm-1), obteniendo relaciones de SiF<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> con respecto al SO<sub>2</sub>. Las mediciones se realizaron desde el cerro Altzomoni (4000 msnm, 19.12 N, 98.65 W).

VUL-15 CARTEL

### UNA DÉCADA DE MEDICIÓN DE LA DEFORMACIÓN EN EL VOLCÁN DE FUEGO DE COLIMA MEDIANTE LA RED DE INCLINÓMETROS ELECTRÓNICOS

Ramírez Ruiz Juan J., Alatorre Chávez Eliseo, Santiago Jimenez Hydyn y Zobin Peremanova Vyacheslav

Universidad de Colima

ramirez@uclm.mx

La actividad reciente del Volcan de Fuego de Colima que inicia en 1997 generando la primera extrusión del cuerpo de lava de 1998 motiva y propicia la instalación de una red de inclinómetros electrónicos para el monitoreo de la actividad volcánica durante este denominado periodo reciente de actividad del Volcan de Fuego de Colima. Se presenta aquí la interpretación de los registros del periodo de 1998 a 2008 y su correlación con los principales episodios durante esta fase eruptiva del Volcan de Fuego de Colima. Se puede apreciar en los registros de los sensores de inclinometría la correlación con los ascensos de cuerpos de lava de 2001, 2004 y 2007. El análisis de estos registros permite correlacionar con otros parámetros físicos como son la sismicidad y observación directa durante esta fase eruptiva.

VUL-16 CARTEL

### VOLCANO-HYDROTHERMAL SYSTEM OF EL CHICHON, CHIAPAS, MEXICO: FLUXES OF SOLUTES, HEAT OUTPUT AND NEW HOT SPRINGS

Peiffer Loic, Chelnokov Georgy y Taran Yuri

Instituto de Geofísica, UNAM

loic.peiffer@gmail.com

The volcano-hydrothermal system of El Chichon volcano is characterized by a strong activity in the crater (fumaroles, hot springs and acid lake) and by a high discharge of thermal waters from the volcano slopes, at a direct distance of 1-2km from the crater floor. Rio Magdalena River is the only drainage of 6 groups of thermal springs known at present. Flow rates and chemical compositions of the river as well as of all inflow streams coming from the volcano were measured in March and June 2008. The main objectives of this work were (i) to establish a set of data for Rio Magdalena for the further monitoring of the activity of El Chichon volcano, (ii) to evaluate the total discharge

of hydrothermal solutes from volcano-hydrothermal system and the natural heat output of the hydrothermal system, (iii) to find unknown thermal manifestations. A periodic (monthly) sampling of the river and streams could be the best way to monitor the volcano, because they represent all types of thermal waters and the integrated composition of the total discharge. The total flux of Cl from all springs, measured as a sum from separate streams and as the integrated flux in Rio Magdalena, was estimated as  $\sim 350 \pm 30$  g/sec which correspond to  $175 \pm 15$  kg/s of water with 2 g/kg of Cl and temperature of 74°C (the hottest vent of the Agua Caliente group), or  $\sim 54$  MW of heat power. This is only by the hot water discharge. The heat output from the crater was estimated by Taran and Rouwet (2008) and Mazot et al. (2008) as 60 to 90 MW. Thus, the total natural heat output from the El Chichon volcano-hydrothermal system is not less than 100 MW. One new group of hot springs with maximum temperatures of 57°C was found in a canyon located 500 m west of the canyon of Agua Caliente as the result of hydrochemical survey of all tributaries entering Rio Magdalena from the southern slopes of the volcano. Another new group ( $\sim 60^\circ\text{C}$ ), the closest group to the crater ( $\sim 500\text{m}$  from the crater floor) was also found in the canyon of Agua Tibia. Water from both discovered groups of spring is close in composition to other spring waters at El Chichon. This finding supports the hypothesis of a deep homogenous aquifer beneath the El Chichon crater.

## VUL-17 CARTEL

### ESTUDIO DE LOS LAHARES ASOCIADOS A LA ERUPCIÓN DE 1913 DEL VOLCÁN DE COLIMA

Rodríguez Sedano Luis Angel<sup>1</sup>, Sarocchi Damiano<sup>2</sup> y Saucedo Girón Ricardo<sup>2</sup>

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

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

Irodiguez2021@live.com.mx

El Volcán de Colima está localizado a 31 Km al norte de la ciudad de Colima y aproximadamente a 120 km al sur de Guadalajara, es considerado el volcán más activo de México, con más de 50 erupciones en los últimos 432 años. El volcán de Colima, es un estratovolcán andesítico de 3860 msnm y está ubicado en el extremo oeste del Cinturón Volcánico Trans-mexicano. En su historia eruptiva destaca por su violencia la erupción del 20 de enero de 1913, cuando después de 3 años de aparente calma, el volcán produjo una erupción pliniana con una columna eruptiva de más de 24 km de altura la cual se sostuvo por aproximadamente 8 horas. Al mismo tiempo se generaron flujos piroclásticos que rellenaron las barrancas ubicadas al sur del volcán, con espesores de hasta 35 m y con alcance de #15 km.

Debido a la gran cantidad de material expulsado durante la erupción (# 2 km<sup>3</sup>), en los meses posteriores y al menos 3 años después de la erupción, se formaron lahares de gran volumen que afectaron la parte sur del volcán de Colima, algunos con alcances que rebasaron los 17 km

Dada la recurrente formación de lahares en el Complejo Volcánico de Colima y en especial en el volcán de Colima, así como los numerosos poblados asentados en áreas sujetas a amenazas hidrogeológicas, es de vital importancia el estudio de los lahares derivados de la erupción de 1913, debido a que han sido los de mayor volumen y alcance relacionados a la actividad eruptiva reciente del volcán. Por el hecho de haberse originado por removilización de los grandes volúmenes

de material piroclástico producidos por la erupción de 1913, la cual puede ser considerada como un escenario extremo en el Volcán de Colima su estudio puede ser útil para evaluar el peligro para los poblados cercanos.

El trabajo, del cual se presentan aquí los resultados preliminares, está enfocado a reconstruir la estratigrafía de los depósitos epiclasticos asociados a la erupción de 1913, estudiar la textura y reconstruir la sedimentología de los eventos que llevaron a su formación. Los datos recolectados se utilizarán para afinar la estimación de los volúmenes involucrados y para realizar modelados numéricos (LAHARZ) de los eventos más importantes, en el marco de construir un mapa de peligro e individualizar las áreas que podrían ser más vulnerables en caso de presentarse en futuro lahares derivados de una erupción tipo 1913.

## VUL-18 CARTEL

### CO<sub>2</sub> DEGASSING FROM THE VOLCANIC LAKE OF EL CHICHÓN, MEXICO

Mazot Agnes y Taran Yuri

Instituto de Geofísica, UNAM

amazot@geofisica.unam.mx

The 1982 eruption of El Chichón volcano, Mexico, ejected 1.1 km<sup>3</sup> of anhydrite-bearing trachyandesite pyroclastic material to form a new 1-km-wide and 200-m-deep crater. Currently, intense hydrothermal activity, consisting of fumaroles (mainly at the boiling point), steaming grounds, a soap-pool and an acidic (pH#2.3) and warm lake (30°C) occur in the summit crater. Carbon dioxide fluxes were measured in March-December 2007 and April 2008 at the surface of the volcanic lake of El Chichón volcano, using a "floating accumulation chamber" method. Two statistical methods were used to process data: the graphical statistical and stochastic simulation methods. The results of graphical statistical approach permit to quantify the different degassing processes that are acting at the lake surface: two corresponding to CO<sub>2</sub> flux resulting from rising bubbles in the lake (mean from 464 to 6700 g/m<sup>2</sup>/d); and the second corresponding to equilibrium diffusion of dissolved CO<sub>2</sub> at the water-air surface (mean of 170 g/m<sup>2</sup>/d). The mean degassing at the lake surface ranges from 740 to 1200 g/m<sup>2</sup>/d. The calculated total emission rate estimated by stochastic simulation ranges from  $164 \pm 9.5$  t/d for March 2007 (138,000 m<sup>2</sup>),  $59 \pm 2.5$  t/d (81,400 m<sup>2</sup>) for December 2007 and to  $109 \pm 6.6$  t/d (97,000 m<sup>2</sup>). Extending the average flux on the entire crater floor of El Chichón ( $\sim 308,000$  m<sup>2</sup>) we expect the total emission from the crater of El Chichón could be not less than 370 t/d. While the level of total CO<sub>2</sub> emission is comparable to other volcanic and geothermal areas worldwide, the heat power estimated up to 100 MW from El Chichón volcano could be considered lower than those estimated in the majority of other crater lakes.

## VUL-19 CARTEL

**DEPÓSITO "PÓMEZ SIBINAL", PRODUCIDO POR UNA ERUPCIÓN SUBPLINIANA-PLINIANA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO TACANÁ, MÉXICO-GUATEMALA**

Rangel Granados Elizabeth<sup>1</sup>, Arce Saldaña José Luis<sup>1</sup>, Macías José Luis<sup>2</sup> y Gardner Jim<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Department of Geological Sciences, University of Texas, Austin

ile\_goddess@hotmail.com

El Complejo Volcánico Tacaná, localizado en la frontera entre México y Guatemala, al sur del estado de Chiapas, ha registrado erupciones explosivas a lo largo de toda su historia eruptiva. Uno de los eventos de gran magnitud ocurrió hace ~23,540 años AP, produciendo una secuencia de depósitos piroclásticos, denominada Pómez Sibinal. Esta secuencia consta de un miembro inferior estratificado y un miembro superior masivo, separados por un depósito de lahar. Los constituyentes principales del depósito son fragmentos de pómez de color amarillo-ocre y gris, líticos juveniles de color gris oscuro y gris claro, líticos accidentales de color rojizo y negro, cristales de plagioclasa, piroxenos y vidrio. La distribución del Miembro Estratificado está dominada por dos direcciones principales al NE62° y al NE 9° y aflora hasta una distancia de ~17.5 km, cubriendo un área de 275 km<sup>2</sup> con la isopaca de 6 cm, mientras que el Miembro Masivo tiene de igual forma dos direcciones principales, la primera es al NE22° y la segunda al NE6°, con afloramientos hasta una distancia de ~21 km y cubre un área de 329 km<sup>2</sup> con la isopaca de 70 cm. De acuerdo con los datos de campo, mapas de isopacas e isopletras, la erupción inició con el establecimiento de una columna eruptiva pulsante con una altura promedio de 24 km, a través de la cual se expulsaron 8 km<sup>3</sup> de magma con una tasa de emisión de 3.6 x 10<sup>7</sup> kg/s, depositando el Miembro Estratificado. Posteriormente hubo un lapso de quietud, no muy prolongado, durante el cual parte del material piroclástico de la primera etapa eruptiva fue removido probablemente por lluvias que originaron el depósito de lahar. La actividad volcánica reinició con el establecimiento de una nueva columna eruptiva estable de aproximadamente 30 km de altura, la cual expulso 3.4 km<sup>3</sup> de magma con una tasa de emisión de 5 x 10<sup>7</sup> kg/s, que depositó el Miembro Masivo. La duración de ambas etapas eruptivas se calculó en 518 horas para el Miembro Estratificado, considerando una masa de 2 x 10<sup>13</sup> kg y para el Miembro Masivo se consideró una masa de 9 x 10<sup>12</sup> kg, lo cual arrojó un tiempo de duración de la erupción de 103 horas. La composición química de los productos juveniles del depósito Pómez Sibinal varía de andesita basáltica a andesita (52.03 a 61.73 % en peso de SiO<sub>2</sub>) con una asociación mineralógica representada por plagioclasa (andesina y labradorita), clinopiroxeno (augita) ortopiroxeno (hiperstena), óxidos de Fe y Ti y raramente olivino.

## VUL-20 CARTEL

**CARTOGRAFÍA Y DISTRIBUCIÓN DE LOS FLUJOS DE LAVA DEL VOLCÁN TACANÁ, MÉXICO-GUATEMALA**

Limón Hernández Cecilia<sup>1</sup>, Arce Saldaña José Luis<sup>2</sup> y Macías José Luis<sup>3</sup>

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

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

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

celiher22@yahoo.com

El volcán Tacaná (4060 m.s.n.m) es un estratovolcán ubicado en el extremo noroeste del Arco Volcánico Centroamericano y forma parte del Complejo Volcánico Tacaná. Este complejo fue emplazado dentro de los remanentes de la caldera denominada San Rafael de 1 Ma de edad. La actividad volcánica en el Tacaná se ha caracterizado por erupciones explosivas y efusivas, que han dejado como resultado diversos depósitos piroclásticos intercalados con flujos de lava, emplazados en los alrededores del cono principal del Tacaná. Con base en la fotointerpretación y trabajo de campo, fue posible llevar a cabo un mapa preliminar de distribución de los derrames de lava del volcán Tacaná, así como un muestreo extensivo para realizar distintos tipos de análisis. Las lavas de la porción norte del Tacaná, tienen una orientación norte-sur, con distancias recorridas entre 1 y 4.5 km en línea recta desde la cima del volcán (4060 m.s.n.m). En total se cartografiaron 17 unidades de lava, la mayoría distribuidas hacia el sector N-NO, en ocasiones con frentes pronunciados de hasta 20 m y con levees laterales bien definidos, cubriendo un área aproximada de 14 km<sup>2</sup>. Mientras que hacia el sector S se cartografiaron 3 unidades de lava, cubriendo un área de 8 km<sup>2</sup>. En general, la composición química de las lavas varía de 57 a 62 % en peso de SiO<sub>2</sub> y una asociación mineralógica homogénea representada por fenocristales de plagioclasa, clino y ortopiroxeno, anfíbol y óxidos de Fe-Ti, inmersos en una matriz vítrea y en ocasiones microlítica. En este trabajo se reportan por primera vez lavas con fenocristales de plagioclasa, dos piroxenos y olivino, emplazados hacia el sector NO con distancias máximas de más de 3 km a partir de la fuente y cubre un área de 1 km<sup>2</sup>. Adicionalmente se cartografiaron tres domos de lava, albergados dentro de un cráter en forma de anfiteatro abierto hacia el sector NE, los cuales son recientes dado que solamente se encuentran cubiertos por material derivado de una erupción que ocurrió hace <800 años. Cabe destacar que la actividad efusiva ha ocurrido a lo largo de toda la historia eruptiva del Tacaná, ya que se observan lavas con una cubierta importante de piroclastos, así como por depósitos de avalancha de escombros y otras sin ningún otro tipo de depósito sobreyacente, lo que sugiere una edad reciente.

## VUL-21 CARTEL

### SIMULACIÓN DEL FLUJO PIROCLÁSTICO DEL 22 DE ENERO DEL 2001 EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL CON TITAN 2D

Hernández Alcántara Teófilo<sup>1</sup>, Macías José Luis<sup>2</sup>,  
García Tenório Felipe<sup>3</sup> y Arce Saldaña José Luis<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Prevención de Desastres

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

<sup>3</sup>Instituto Politécnico Nacional

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

teodus@cenapred.unam.mx

El volcán Popocatepetl, del Náhuatl ("Montaña que Humea"), esta ubicado en la parte central de la Faja Volcánica Transmexicana, en el extremo sur de la Sierra Nevada, a 45 Km., al oeste de la Ciudad de Puebla y a 65 Km., al sureste de la Ciudad de México. En un radio de 40 Km., alrededor del volcán habita una población bajo amenaza de más de un millón de habitantes. El volcán en su cima tiene un cráter en forma de elipse con un eje mayor de 900 m., y un eje menor de 600 m., El registro geológico del volcán comprende desde colapsos de edificios, erupciones plinianas, freatomagmáticas, así como eventos efusivos. El caso más reciente de actividad del volcán inicio en 1994 y continúa hasta la fecha. Uno de los eventos más importantes de esta etapa de actividad en el volcán, ocurrió el 22 de enero de 2001, el evento consistió en la formación de una columna eruptiva de tipo vulcaniana de más de 8 Km., de altura, y el emplazamiento de una serie de flujos piroclásticos tipo Soufrière en sus flancos N, NNE y NE. En este trabajo se estudiaron estos flujos piroclásticos, se definieron sus características físicas como; su alcance 3.1 Km., espesores máximos de 3.5 m., distribución areal, se simularon los flujos piroclásticos con el software Titan 2D y se compararon las simulaciones obtenidas versus el depósito, con muy buenos resultados, cercanos al 95 % y posteriormente el flujo fue simulado, en todos los flancos del volcán, los resultados se discutieron con respecto a las zonas del mapa de peligros, en la cual todas las simulaciones quedaron contenidas dentro del área roja, y a partir de estos datos, se creó una zona de afectación por flujos piroclásticos, para escenarios de eventos como el ocurrido el 22 de enero del 2001, con un H/L = 0.40., con velocidades máximas de 39 a 60 m/s., con distancias máximas de recorrido de 5.1 Km., También se identificaron fenómenos secundarios asociados a la ocurrencia de flujos piroclásticos, como lahares e incendios forestales, los cuales deben de ser considerados por las autoridades como peligros potenciales en futuras erupciones.

## VUL-22 CARTEL

### DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA PROFUNDA DEL VOLCAN DE FUEGO DE COLIMA

Domínguez Reyes Tonatiuh<sup>1</sup>, West Michael<sup>2</sup> y Gardine Mathew<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Colima

<sup>2</sup>Universidad de Alaska Fairbanks

tonatiuh@uacol.mx

Se presentan los primeros resultados del proyecto de investigación sísmica profunda del Volcan de Colima. El proyecto es una colaboración entre el Observatorio Vulcanológico de la Universidad de Colima y la Universidad de Alaska Fairbanks. Los datos fueron recabados por veinte estaciones de banda ancha

instaladas dentro de un radio de 25 km alrededor del volcán. Los más de cuatro mil eventos localizados con esta red se han conjuntado con los de las redes RESCO y MARS para primero caracterizar tanto la sismicidad regional como la local del volcán y segundo, con el registro de eventos telesísmicos, modelar la estructura interna profunda del volcán.

Se han observado algunas características en la sismicidad regional como una diferencia marcada en la forma como se atenúan algunas fases de ondas internas en las estaciones situadas en la región oeste del volcán con respecto a las observadas en la parte este lo que evidencia la complejidad de la corteza profunda.

A su vez, entre las características de la sismicidad local, se observa una marcada ocurrencia de eventos con contenidos de bajas frecuencias entre noviembre de 2006 y febrero de 2007. Estas fechas coinciden con la aparición del nuevo domo en el cráter, que ha estado creciendo a una tasa muy baja desde entonces.

Los resultados se interpretan en el contexto de los modelos petrológicos existentes para definir el papel que juegan manto y corteza en la evolución de este volcán andesítico.

## VUL-23 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS PRODUCTOS DE LA ERUPCIÓN DE 1818 DEL VOLCÁN DE COLIMA

López Cerda Patricia, Saucedo Ricardo y Castro Renato

Instituto de Geología, UASLP

patidepp@hotmail.com

El Volcán de Colima (19° 30' 44" N y 103° 37' 02" W) o Volcán de Fuego de Colima, está ubicado a unos 120 km al sur de la ciudad de Guadalajara y a 30 km al noreste de la ciudad de Colima. Representa el extremo sur de la cadena volcánica orientada N-S, conocida como el Complejo Volcánico de Colima (CVC).

Su registro histórico muestra que durante los últimos 450 años ha tenido al menos tres erupciones plinianas (1606, 1818 y 1913), las cuales, según algunos trabajos, tendrían una recurrencia de cien años, por lo que se piensa que la posibilidad de que ocurra una erupción como las de 1818 y 1913 en el corto plazo es grande. Además, existen trabajos que muestran que las erupciones tipo 1818 y 1913 podrían afectar a más de 3000,000 personas en un radio de 30 km del volcán. Actualmente, poco se conoce todavía sobre los magmas que han generado este tipo de erupciones en el volcán de Colima. Estudios previos sugieren que la mezcla de magmas ha sido un elemento importante en el mecanismo de disparo, por lo menos en la erupción de 1913. Es importante destacar que a la fecha prácticamente no existe información geoquímica de los productos de la erupción de 1818, no obstante que, de acuerdo con estudios previos, ha sido una de las erupciones más violentas en la historia del volcán de Colima.

En este trabajo se presentan datos geoquímicos y petrográficos preliminares de las rocas de la erupción de 1818, así como su interpretación en términos de la evolución magmática. Esto ayudará, junto con los datos de la erupción de 1913, a reconocer los factores que disparan las erupciones de gran magnitud en el volcán de Colima.

VUL-24 CARTEL

**AEROMAGNETIC ANOMALIES AND STRUCTURE OF  
THE COLIMA VOLCANIC COMPLEX, WESTERN MEXICO**

López Loera Héctor<sup>1</sup>, Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>2</sup>, Alva Valdivia  
Luis M.<sup>2</sup>, Álvarez Béjar Román<sup>3</sup> y Ramos Leal J. Alfredo<sup>1</sup>

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

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

<sup>3</sup>*Instituto de Investigaciones en Matemáticas  
Aplicadas y en Sistemas, UNAM*

hlopezl@ipicyt.edu.,mx

Results of an aeromagnetic study of the region of the Colima Volcanic Complex (CVC) are presented. CVC is constituted by a N-S range with Cántaro, Nevado and Colima volcanoes, which developed by southward migration of activity inside the Colima rift and related to plate subduction along the Middle America Trench. Cantaro volcano does not show isolated defined anomalies associated with the summit; Nevado de Colima volcano presents magnetic anomalies of monopolar characteristics and Colima volcano shows a high-amplitude dipolar anomaly normally polarized and centered on the summit cone. The aeromagnetometric survey over the adjacent regions shows the occurrence of monopolar anomalies associated with intrusive bodies to the NW of the CVC. The survey also reflects the shallow surface and deep geological features with high-amplitude, high-frequency anomalies over the volcanic units and low-amplitude, long-wavelength anomalies over the volcano-sedimentary deposits. Our study distinguished aeromagnetic trends that have been interpreted associated with faults and/or lithological contacts of regional characteristics that had not been reported previously. We estimate that the magmatic chamber of the active Colima volcano is about two kilometers. Results illustrate the potential of aeromagnetic surveys to investigate active volcanic structures with abrupt topography and difficult access.

Sesión Especial

**Sistemas de alerta temprana  
ante riesgos por terremotos,  
tsunamis y volcanes**

Organizadores:  
Arturo Iglesias  
Daniel García

SE01-1

### **ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS EFECTIVOS DE ALERTA TEMPRANA PARA FENÓMENOS NATURALES**

Guevara Ortíz Enrique

*Centro Nacional de Prevención de Desastres*

ego@cenapred.unam.mx

Parte importante y necesaria en las acciones de prevención de desastres y la gestión de riesgos, es el monitoreo de los fenómenos naturales y los sistemas de alertamiento temprano. Las redes de monitoreo por un lado permiten obtener información necesaria para comprender y mejorar el conocimiento científico de amenazas y riesgos, como punto de partida para la implementación de políticas efectivas de prevención y mitigación. Por otro lado, diferentes instrumentos y tecnologías empleadas en el monitoreo y vigilancia de los fenómenos permiten detectar, dar seguimiento y pronosticar las amenazas naturales que puedan impactar a la población. Por lo tanto los sistemas de monitoreo contribuyen a la toma efectiva de decisiones ante situaciones de riesgo y permiten el alertamiento oportuno. Así, los sistemas de alertamiento tienen como objetivo "el facultar a las personas y a las comunidades que se encuentren en peligro, para actuar con tiempo suficiente y de manera adecuada para reducir daños personales, evitar la pérdida de la vida y reducir daños a las propiedades y el medio ambiente".

En el año 2006 la Secretaría de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (ISDR) presentó los resultados de una investigación realizada, con el objetivo de conocer los avances en los sistemas de alertamiento y cuáles son los vacíos y defectos que aún tienen. El informe señala que se han realizado progresos importantes en el desarrollo del conocimiento científico sobre las amenazas y riesgos, así como en el desarrollo de tecnologías de la información y comunicación, sin embargo, es necesario mejorar los pronósticos y predicciones, así como considerar los mecanismos para comunicar los alertamientos y la preparación de la población para actuar de manera adecuada. Asimismo se hace énfasis en la importancia de contar con sistemas de alertamiento centrados en la gente.

En el presente trabajo se presentan varias de las recomendaciones emanadas de diferentes iniciativas internacionales y nacionales, algunas consideraciones adicionales para el diseño e implementación de sistemas efectivos de alertamiento temprano, así como algunos elementos para lograr su sustentabilidad.

SE01-2

### **DEFINICIÓN DEL SISMO DE DISPARO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE CONTROL SÍSMICO APLICADO A LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD CÓRDOBA-MÁLAGA, ESPAÑA**

Sánchez Dulcet Francisco<sup>1</sup>, Herraiz Sarachaga Miguel<sup>1</sup>,  
Rodríguez Rodríguez José Luis<sup>2</sup>, García Herraiz Ana<sup>1</sup>,  
Mejuto González Javier<sup>1</sup> y Córdoba Barba Diego<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Complutense de Madrid, España*

<sup>2</sup> *Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, ADIF*

fjsanche@fis.ucm.es

Los Sistemas de Alerta Temprana, SAT, constituyen una poderosa herramienta para disminuir las pérdidas humanas y

daños materiales ante la ocurrencia de terremotos. Ligados desde sus inicios al ferrocarril de Alta Velocidad en Japón, proporcionan un tiempo de reacción suficiente como para permitir la activación de protocolos automáticos para el frenado urgente, en condiciones de seguridad, de los trenes.

En esta comunicación se presentan las metodologías empleadas en las diferentes fases del Convenio entre la Universidad Complutense de Madrid y el organismo Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, Adif, para el desarrollo de un prototipo de SAT de aplicación en líneas de Alta Velocidad, así como los principales resultados obtenidos hasta la fecha.

SE01-3

### **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DIFUSIÓN DE ALERTAMIENTO DE EMERGENCIAS PARA LA CIUDAD DE MEXICO**

Ruiz Velázquez Mario Alvaro y Alcantar Arrizón Fernando

*Universidad La Salle*

marioruizve@gmail.com

La exposición de los peligros generados por eventos naturales o creados por el hombre son una premisa que día a día vive la humanidad, la cual se agudiza por varios factores, siendo dos de ellos el desarrollo poblacional y el cambio climático crónico y maligno que vive nuestro planeta.

La reacción mundial ante calamidades como huracanes, sismos, erupciones volcánicas, tsunamis, explosiones, lluvias torrenciales entre otras, ha sido la de observar los fenómenos que pueden ser previsible, o en su caso avisar lo más rápido posible, tomando de la mano a la ciencia y a la tecnología para disminuir los riesgos de pérdidas humanas o bienes patrimoniales.

El tema de investigación tiene como hilo conductor el establecimiento de un Modelo de análisis de las tecnologías relacionadas con el Monitoreo de los Fenómenos, las Telecomunicaciones, el Cómputo y los Medios de Difusión de Alertamientos de Emergencias para los habitantes de la Ciudad de México.

El Modelo que se presenta en la investigación se basa en normas y estándares establecidos, pero con una innovación tecnológica que da viabilidad a la propuesta, tomando como requerimiento primordial que cumpla con avisos tempranos de fenómenos tan catastróficos como los sismos.

Como resultado de la investigación se propone el Sistema de Alertamiento de Emergencias para la Ciudad de México, cuyo objetivo es difundir mensajes de emergencia en tres momentos fundamentales: antes (alerta temprana), durante y después del evento, con los menores costos de infraestructura tecnológica y mejor aún, costos bajos de los equipos receptores para la ciudadanía.



SE01-4

### A SIMPLE SEMI-ANALYTICAL MECHANISM FOR GENERATION OF TSUNAMI WAVES

González González Rodrigo<sup>1</sup> y Ortiz Figueroa Modesto<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad de Sonora<sup>2</sup>División de Oceanología, CICESE

rgonzlz@gauss.mat.uson.mx

The generation of tsunami type-waves due to disturbing seismic source acting on a hydro-elastic system is described mathematically by a relatively simple model using a semi-analytical approach for the determination of the solution, mainly near the rupture area. Several tsunamigenic parameters are analyzed in detail obtaining important conclusions. The accelerations computed with this method are used as initial condition of the numerical model "Tsunami Tool-Box" developed at CICESE for the simulation of synthetic tsunamis and the results are compared with registered data from real events implying a promising perspective that can be applied for prevention and warning of future tsunami events. In addition, it is possible to get in advance an early conclusion on the Geophysical term "Tsunami Earthquakes".

SE01-5

### ESTIMACIÓN RÁPIDA DE PARÁMETROS CRÍTICOS DE LA FUENTE: UNA ESTRATEGIA ANTE GRANDES TEMBLORES DE SUBDUCCIÓN EN MÉXICO

Singh Shri Krishna<sup>1</sup>, Pérez Campos Xyoli<sup>1</sup>,  
Iglesias Arturo<sup>1</sup> y Pacheco Alvarado Javier<sup>2</sup><sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM<sup>2</sup>Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica

krishna@ollin.igeofcu.unam.mx

Para una estimación oportuna del potencial de daño y tsunami asociado a los grandes temblores de subducción en México, resulta crítica la determinación rápida y confiable de parámetros sismológicos como lo son la magnitud de momento (Mw), la energía sísmica radiada (Es) y la localización y el tamaño de la ruptura. Para alcanzar este objetivo, la red sismológica de banda ancha mexicana necesita ser complementada con estaciones GPS permanentes localizadas a lo largo de la costa del Pacífico mexicano espaciadas, por lo menos, cada 65 km. Los datos de esta red GPS requieren ser transmitidos a una estación central y procesados en tiempo real para monitorear la posición de las estaciones. Asumiendo que lo anterior estuviera implementado, en este trabajo desarrollamos una metodología para la estimación rápida de parámetros críticos de la fuente sísmica y demostramos su viabilidad aplicándola al análisis del sismo de Colima-Jalisco de 1995 (Mw=8.0) y de Sumatra-Andamán de 2004 (Mw=9.0-9.3). Para este par de temblores, la metodología propuesta arrojó valores de Mw y Es que son muy similares a los reportados anteriormente, obtenidos a partir de análisis detallados. En el caso del sismo de Colima-Jalisco la localización estimada y el tamaño del área de ruptura están de acuerdo con los valores que se pueden inferir a partir de las localizaciones de las réplicas. Actualmente existen 13 estaciones GPS permanentes a lo largo de la costa del Pacífico mexicano con un espaciamiento promedio de ~200 km, las cuales operan de manera autónoma. Es urgente incrementar este número de estaciones a #28

(logrando un espaciamiento de #65 km), así como transmitir los datos y determinar la posición de las estaciones en tiempo real (preferiblemente cada segundo).

SE01-6

### EL SISTEMA DE ALERTA SÍSMICA MEXICANO: EVOLUCIÓN Y FUTURO

Espinosa Aranda Juan Manuel, Cuéllar Martínez Armando,  
García González Armando, Ibarrola Álvarez Gerardo,  
Islas Vázquez Roberto y Maldonado Caballero Samuel

Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A. C.

espinosajm@cires.org.mx

México es el pionero de la difusión pública de señales de alerta sísmica para mitigar la vulnerabilidad de su población. En 1991 inició el servicio del Sistema de Alerta Sísmica de la ciudad de México (SAS), que cuenta con 12 estaciones sismo sensoras distribuidas a lo largo de la costa de Guerrero, entre Papanoa y Punta Maldonado, capaces de reconocer la peligrosidad de un sismo con el análisis de la energía sísmica que desarrollan sus ondas durante el lapso variable "2(S-P)" y asignar rango al aviso de alerta sísmica que se radio comunica y difunde automáticamente en el Distrito Federal, distante a poco más de 320 km. La oportunidad promedio de los avisos del SAS es de 60 segundos, gracias a que la velocidad de las ondas sísmicas de cortante en esta región es de 4 km por segundo. Hasta junio de 2008, con un índice de disponibilidad de servicio superior al 99.9%, el SAS ha logrado evaluar las aceleraciones de casi 2000 sismos y discriminar los 63 eventos cuyos efectos fueron más importantes, advertidos con: 50 señales de Alerta Preventiva, para sismos moderados, enterados a poco más de 250 usuarios con receptores dedicados a captar señales del servicio del SAS y 13 señales de Alerta Pública para sismos fuertes, difundidas gracias al desinteresado apoyo de la mayoría de estaciones comerciales de radio y TV de la Asociación de Radiodifusores del Valle de México.

En Oaxaca, después de los sismos Mw 7 de "Tehuacán, Puebla" y Mw 7.5 de "Puerto Escondido, Oaxaca" en 1999, su Gobierno promovió la aplicación de la tecnología del SAS y en 2003 inició el servicio del Sistema de Alerta Sísmica de Oaxaca (SASO), con 36 estaciones sismo sensoras distribuidas en regiones de su costa, montaña y fronteras al norte de su territorio, preparadas para el reconocimiento eficaz y eficiente del peligro sísmico, que según la profundidad de su foco determinan el rango del aviso de alerta con dos criterios: uno cuyo tiempo "2(S-P)" es variable y otro que en sólo 3 segundos lo determina, con el análisis de una banda de la energía vertical de su movimiento. El SASO es un sistema eficaz que ha logrado emitir 8 avisos de alerta, 3 Públicos y 5 Preventivos, pero que por falta de continuidad en la asignación de presupuesto para su operación y conservación su función pública ha sufrido prolongadas interrupciones.

Actualmente, con el apoyo y coordinación del Gobierno Federal, el Sistema de Alerta Sísmica Mexicano (SASMEX), puede iniciar su conformación convenida mediante la integración del servicio y funciones del SAS y el SASO. También desarrollar la conveniente y necesaria extensión de su cobertura sobre las regiones simogénicas del litoral pacífico entre los Estados de Jalisco y Chiapas, para reducir la vulnerabilidad sísmica de sus pobladores.

SE01-7

### ESTIMACIÓN AUTOMÁTICA DE INTENSIDADES SÍSMICAS EN EL VALLE DE MÉXICO

Pérez Yáñez Citali, Ordaz Schroeder Mario, Alcántara Nolasco Leonardo y Ruiz Gordillo Ana Laura

*Instituto de Ingeniería, UNAM*

cpy@pumas.ii.unam.mx

El sistema de publicación de mapas de intensidad sísmica (SAPS-II) realiza una estimación de los valores de aceleración generados en el valle de México en forma automática y casi inmediata a la ocurrencia de un temblor sin la intervención humana. Los mapas que se presentan indican los distintos niveles de intensidad sísmica en el Distrito Federal, esto es, medidas locales de la severidad del movimiento que se experimentaría en el suelo o en la azotea de edificios de diferentes alturas; cuanto mayores las intensidades, mayores las fuerzas que el sismo impondrá a las estructuras. Si bien es cierto que el daño que sufren las edificaciones depende también de la resistencia de las mismas, su diseño y la calidad de construcción, la ubicación de las zonas donde el sismo se sentiría más intensamente puede proporcionar una localización aproximada de los sitios donde las estructuras pueden ser afectados en mayor o menor medida.

El sistema está integrado por dos acelerógrafos instalados en la estación sísmica CUIP, que opera el Instituto de Ingeniería de la UNAM en Ciudad Universitaria, dichos instrumentos registran y envían, en tiempo real, las señales que reciben a una computadora en donde la información es evaluada para determinar si se trata de un evento sísmico y en su caso si generó un determinado nivel de aceleración para que se realice la estimación de 4 mapas de intensidad. El primero corresponde a la aceleración máxima que experimentaría un observador al nivel del suelo, el siguiente a las aceleraciones que se producirían en la azotea de un edificio de alrededor de 2 pisos, el tercero se refiere a edificaciones de entre 10 y 12 niveles y el último se asocia a aceleraciones en la parte superior de edificios de 20 a 25 pisos.

Hoy en día el sistema SAPS-II se encuentra funcionamiento satisfactoriamente y durante este 2008 se generaron mapas para el evento del 12 de febrero (M=6.6) ocurrido cerca de Unión Hidalgo, Oaxaca y el del 28 de abril (M=5.6) próximo a Teloiloapan en Guerrero.

SE01-8

### ESTIMACIÓN RÁPIDA DE LA MAGNITUD EN EL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO: REVISIÓN Y NUEVA CALIBRACIÓN DE MA

García Jiménez Daniel, Castillo Maldonado Mariana y Iglesias Arturo

*Instituto de Geofísica, UNAM*

danielg@geofisica.unam.mx

En la última década el Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha empleado dos escalas de magnitud para estimar el tamaño de eventos moderados o grandes ( $M > 5$ ): ME, basada en la energía sísmica, y MA, que utiliza la amplitud (Singh y Pacheco, 1994).

La escala MA está basada en la amplitud de las trazas de velocidad registradas en Ciudad Universitaria (CU), México D.F., filtradas con un paso de banda de 15 a 30 s, y ha sido usada frecuentemente desde su aparición. Sin embargo, para su

elaboración se utilizó un conjunto de sismos bastante limitado, tanto en número, como en magnitud, ubicación y tipo de eventos.

La necesidad de desarrollar algoritmos confiables para estimar la magnitud en tiempo casi real de cualquier tipo de sismo, junto con la existencia actualmente de una base de registros de banda ancha del SSN en CU mucho más amplia, han motivado la revisión y nueva calibración de esta escala.

Esta labor pretende determinar la influencia sobre el cálculo de MA de:

- la ubicación y profundidad del evento, y las diferencias en atenuación hacia CU;
- el tipo de mecanismo y profundidad del evento.

A partir de estos resultados se pretende establecer la fiabilidad, homogeneidad y limitaciones de esta escala para su uso en sismos de la zona centro de México.

SE01-9 CARTEL

### SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA CONTRA EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS PARA LA COSTA TAMAULIPECA

Jiménez Hernández Sergio, Sosa Pérez Felipe, Piñero Hernández Dulce, Barrientos Cisneros Julio y Padilla Hernández Roberto

*Universidad Autónoma de Tamaulipas*

sjimenez@uat.edu.mx

La implantación de sistemas de prevención ante desastres naturales, como inundaciones catastróficas provocadas por huracanes en los municipios costeros mexicanos es una nueva realidad de nuestros días. Su aparición se explica en el contexto urbano que manifiesta México, donde más del 80% de la población vive en áreas urbanas. Este efecto ha provocado en determinadas áreas litorales del país cierta saturación y afectación de las playas, lagunas y desembocaduras de los ríos. Precisamente en México el crecimiento urbano insostenible de las zonas litorales, como el Golfo de México, ha favorecido que las consecuencias del paso de un huracán generen mayores desastres e importantes pérdidas materiales y humanas. En este contexto, es necesaria la ordenación de las zonas urbanas litorales y fomentar la cultura de la prevención ante posibles desastres naturales, como huracanes e inundaciones, en los municipios de este país.

El estudio aborda las repercusiones que en el mundo y, principalmente, en México tienen los desastres provocados por las inundaciones. Asimismo, se centra en la importancia de la prevención ante desastres naturales (huracanes) en los municipios mediante el Sistema de Alerta Temprana contra Eventos Meteorológicos Extremos (SATEME) para las Costas Tamaulipecas, que es un conjunto de herramientas de simulación y predicción hidrometeorológica, que determinan las condiciones de riesgo por marejadas de tormenta y avenidas extremas de la cuenca baja del Río Pánuco para la costa sur del estado de Tamaulipas. De manera específica, determina para un Evento Ciclónico TROPICAL; las llanuras de inundación en la Zona Metropolitana Costera de los municipios de Tampico, Madero y Altamira, en Tamaulipas (ZMCTMA) y parcialmente en Pueblo Viejo y Pánuco, Veracruz.

La meta que persigue esta investigación es proporcionar una herramienta de predicción efectiva, que alerte con tiempo suficiente a la población de Tampico, Madero y Altamira ante los efectos de una inundación por marea de tormenta y/o avenida

extrema en la cuenca baja del Río Pánuco. En este sentido, la visión es convertirse en un elemento básico para las autoridades de Protección Civil, en los trabajos de prevención y atención a contingencias por Eventos Meteorológicos Extremos en la Costa de Tamaulipas.

## SE01-10 CARTEL

**PROGRESS IN TSUNAMI EARLY DETECTION,  
FORECAST AND PREVENTION ACTIVITIES  
FOR THE WESTERN COAST OF MEXICO**

Ortiz Figueroa Modesto<sup>1</sup>, Ferreras Sanz Salvador<sup>1</sup>, González Navarro Juan Ignacio<sup>1</sup> y Montoya Rodríguez José Miguel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Transporte

ortizf@cicese.mx

The highly vulnerable Pacific southwest coast of Mexico has been repeatedly affected by local, regional and remote source tsunamis. Mexico does not presently have a national tsunami warning system in operation. The implementation of key elements of a National Program on Tsunami Detection, Monitoring, Warning and Mitigation are in progress. For local and regional events detection and monitoring, a robust and low cost high frequency sea level tsunami gauge, sampling every minute and equipped with 24 hours real time transmission to the Internet, was developed by CICESE. With the cooperation of Secretaria de Marina and Instituto Mexicano del Transporte, 12 of these gauges were installed along the Pacific ocean coast of Mexico, and are currently in operation. It is intended to extend in the future the coverage of this network to the Mexican Caribbean and Gulf of Mexico coastal areas.

A Tsunami Tool-Box for synthetic tsunamis generated by interplate earthquakes in the Middle American Trench along the Pacific Coast of Mexico was also developed. It consist in a base of forecast estimated tsunami arrival heights and times numerically computed from groups of impulse functions of a collection of segmented rupture area tsunami sources of prototype earthquakes. The predicted height and time arrivals of the tsunamis are obtained every 10 kilometers of the above mentioned coast. In a real case, by means of this tool-box, a rapid estimation of these tsunami parameters is obtained from early determinations of the magnitude of the coseismic dislocation and the location of the rupture segments.

Statistics allow identification of low, medium and extreme hazard categories of tsunamis arriving to Mexico. These categories are used as prototypes for computer simulations of coastal flooding, with linear wave theory for the deep ocean propagation, and shallow water non-linear one for the near shore and interaction with the coast. Non-fixed boundaries for flooding and recession at the coast, are used. For prevention purposes, tsunami inundation maps for several coastal communities along the Pacific ocean coast of Mexico, are being produced in this way.

## SE01-11 CARTEL

**SISTEMA AUTOMÁTICO DE CÁLCULO DE TENSOR  
DE MOMENTOS PARA SISMOS MEXICANOS**

Iglesias Arturo<sup>1</sup>, Franco Sánchez Sara Ivonne<sup>2</sup> y Rivet Diane<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Servicio Sismológico Nacional

<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

arturo@geofisica.unam.mx

En este trabajo presentamos la nueva versión del Sistema Automático de Cálculo de Tensor de Momentos para Sismos Mexicanos.

El sistema dispara automáticamente con el arribo del correo informativo del Servicio Sismológico Nacional (SSN). Si en el correo se reporta un sismo de magnitud  $M \# 4$ , entonces se inicia el procedimiento cuya primera etapa consiste en determinar cuales son las estaciones válidas para el cálculo del tensor. Con estas estaciones se forman una serie de combinaciones que son pesadas de acuerdo a su distribución azimutal con respecto al epicentro. Con un proceso iterativo se lleva a cabo la inversión para cada combinación y, en función de un criterio combinado entre la distribución azimutal y el ajuste obtenido, se conserva la mejor solución.

Esta solución actualiza una base de datos que puede ser consultada a través de una interfase web (<http://laxdoru.igeofcu.unam.mx/cmt>).

Dicha interfase permite realizar búsquedas ordenadas de soluciones para sismos de magnitud  $M \# 4$  de los cuales se despliegan los ajustes de las formas de onda obtenidos durante la inversión, la información del tensor de momentos, y un mapa con la solución gráfica que permite al usuario relacionar el sismo en cuestión con un ambiente tectónico.

El desempeño del sistema es demostrado a través de un análisis estadístico de la calidad de las soluciones obtenidas en el intervalo 2000-2008 y a través de un comparativo de dichas soluciones con respecto de las reportadas rutinariamente por el SSN y por el "Global CMT".

## SE01-12 CARTEL

**PRUEBAS DE UN SISTEMA DE ALERTA SÍSMICA  
TEMPRANA EN CUATRO SITIOS DE CONTROL**

Leyva Contreras Amando<sup>1</sup>, Araiza Quijano Mario R.<sup>2</sup>, Valdés Barrón Mauro<sup>1</sup>, Segovia Aguilar Nuria<sup>1</sup> y Valenzuela Wong Raúl<sup>1</sup>

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

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

aleyva@geofisica.unam.mx

El área de preparación de los sismos fuertes ( $M > 5$ ) ha sido estimada por diferentes autores como aquella zona sobre la superficie terrestre donde, ante la formación de un volumen dentro de la litosfera que será el hipocentro de un inminente terremoto, sufre deformaciones y movimientos cuya detección y análisis pueden servir para alertar sobre su evolución en el tiempo y en el espacio. En el presente trabajo se muestran los resultados del seguimiento de la sismicidad regional observada por el Servicio Sismológico Nacional durante el período Jun.2006 – Jun.2007. El diagnóstico se prueba para 4 sitios: Cayaco, Gro.,

Comitán Chis., Ciudad Universitaria, D.F., y Ahuacatlán, Nay. Dado un evento sísmico, de magnitud  $M$  que tiene lugar a una distancia  $D_i$  del sitio de control  $i$ , el coeficiente de impacto sísmico local (LSI) de dicho evento se calcula como el cociente del radio de su área de preparación  $\#(M)$  y la distancia  $D_i$  de su epicentro al sitio de control:  $LSI = \#(M)/D_i$ . Desde este punto de vista, los eventos sísmicos observados y reportados por el SSN del IGEF, pueden caracterizarse por valores LSI altos en dos situaciones: o bien por que fueron causados por eventos fuertes ( $M > 5$ ) y ocurrieron a distancias moderadas del sitio o, porque teniendo magnitudes  $M < 5$ , ocurren a distancias relativamente cortas del sitio de control. Los datos de LSI calculados, son analizados para estimar las funciones de distribución de probabilidades (PDF) de diferentes grupos de la población, encontrándose que los coeficientes  $LSI < 0.4$ , a diferencia del resto de los valores, tienen una distribución casi uniforme, por lo que pueden considerarse como representativa del LSI de fondo de la sismicidad regional. El análisis de los casos de  $LSI > 0.4$  permitió identificar eventos precursoros, y la necesidad de implementar un método de alerta sísmica temprana, combinando diagramas de control de LSI con mapas de la zona de observación, para ubicación del área más probable de localización del epicentro del evento principal.

Sesión Especial

# **Modelado de procesos terrestres**

Organizadores:  
Juan Contreras  
Gustavo Tolson

SE02-1

**A SIMPLE MODEL FOR LOW AMPLITUDE DETACHMENT FOLDING AND SYNTECTONIC STRATIGRAPHY BASED ON THE BALANCE OF MASS EQUATION**

Contreras Pérez Juan

*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*

juanc@cicese.mx

This paper presents a model for the structural and stratigraphic evolution of detachment folds using continuum mechanics principles. The model assumes that the vertical flux at the core of this class of folds follows a simple cosine function whereas the horizontal flux due to tectonic transport remains constant with depth. Those boundary conditions are used to derive analytical expressions for the velocity field inside the folded rocks that satisfy the continuity (conservation of mass) equation of fluid dynamics. It is shown that trajectories of material particles in the model describe hyperbolae, and that the wavelength of folded layers at different structural levels remains constant. Also is shown that fold amplitude increases in proportion to the height of the structural level with respect to the basal detachment.

The syntectonic stratigraphy is obtained by means of the transport-diffusion equation, which also obeys the principle of mass conservation. Exact expressions for the change in elevation show that initially the topography grows following an exponential decay curve asymptotic to a steady state whose amplitude is controlled by the square of the wavelength, the diffusion (erosion) constant, and the rate of tectonic uplift. The topography reaches steady state after a characteristic time, given by the square of the wavelength of the fold divided by the diffusion constant, has been elapsed. Synthetic stratigraphy exhibits the typical thinning and truncation of timelines toward the core of the anticline often observed in reflection seismic lines. The model is in excellent agreement with low-amplitude detachment folds observed in fold-and-thrust belts and in analog experiments.

SE02-2

**MODELADO ANALOGICO DE LA SALIENTE DE MONTERREY**

Portillo Pineda Rodrigo y Cerca Mariano

*Centro de Geociencias, UNAM*

rportillo@geociencias.unam.mx

En cualquier sistema estratificado que involucre deformaciones con despegue, entender la cinemática y dinámica de estos procesos resulta una tarea no muy sencilla, ya que la reología que presenta cada litología en la mayoría de los casos heterogénea genera un abanico compuesto de diferentes variables dependientes tales como la densidad, fricción interna, presión de poro para el caso de rocas con comportamiento quebradizo; viscosidad, espesor y tasa de deformación para capas con comportamientos dúctiles.

Cabe resaltar que en cualquier sistema mecánicamente estratificado el desacoplamiento mecánico es disparado por el aumento de energía potencial cuando aumenta el espesor principalmente de la capa viscosa. La viscosidad efectiva que constituye a cualquier capa dúctil de despegue (relacionada con la historia geológica como el tipo de depósito que forme capas de sal, yeso o anhidrita) determina las condiciones de flujo y la

interacción con capas y estructuras quebradizas con las que se encuentre interactuando.

También los contrastes de resistencia que hay en un perfil mecánicamente estratificado son una indicación del potencial de despegue a lo largo de la interface bien diferenciada quebradizo-viscoso. En el caso de capas con alta viscosidad los contrastes de resistencia menores favorecen una interface acoplada generando pliegues de despegue y flujo preferentemente vertical. Mientras que por otra parte en capas con baja viscosidad los contrastes de resistencia mayores producen flujos preferentemente sub-horizontal favoreciendo su inyección en las estructuras con vergencia igual y/o opuesta a la dirección de acortamiento. Para ambos casos se manifiesta una transferencia o flujo de energía a través de la capa viscosa que genera deformación (despegues) en zonas alejas hacia el frente.

En el caso de los pliegues de despegue en la saliente de Monterrey donde los diferentes espesores de las capas viscosas y la diferente reología de estas (yeso y sal) controlan el arreglo estructural tal y como lo reflejan los modelos analógicos realizados.

De acuerdo a la geometría presentada en la saliente de Monterrey se considero tomar la escala de 1 cm en el modelo representa 10 km en el prototipo natural, de esta manera  $L^* = 1 \times 10^{-6}$ ;  $g^* = 1$ ; para medios quebradizos se utilizó arena homogénea de cuarzo con una densidad aparente de 1520-1600 kg/m<sup>3</sup>. Los valores de densidad en la naturaleza para la corteza superior se encuentran alrededor de 2650-2700 kg/m<sup>3</sup>, de tal manera que:  $esfuerzo^* = (0.573)(1)(1 \times 10^{-6}) = 5.73 \times 10^{-7}$ . Mientras que para representar comportamientos dúctiles se utilizó silicón SGM36 con una densidad de 965 kg/m<sup>3</sup>; una viscosidad efectiva de 20170 Pa\*s; deformado a una velocidad de 1.4cm/hr, sometido a una tasa de deformación de:  $6.5 \times 10^{-5} s^{-1}$ .

SE02-3

**UNDERGROUND LOSS OF MASS INDUCING FLOW: COMPARISON BETWEEN CONTRASTING PHYSICAL AND NUMERICAL EXPERIMENTS**

Carreón Freyre Dora Celia<sup>1</sup>, Cerca Mariano<sup>1</sup>,  
Barrientos Bernardino<sup>2</sup> y Ochoa Gil<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones en Óptica, A. C.

<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

freyre@geociencias.unam.mx

Water withdrawal from aquifer units generates an unstable stage of mechanic and hydraulic conditions of the granular sequences. We aim at relating the vertical deformation of the surface with specific flow conditions and specific volumes of lost material directly related to groundwater extraction in two contrasting settings of analogue sandbox and numerical experiments. The analogue experiment represents the loss of mass below a constant thickness sand layer in a sandbox. The sand is permitted to flow through two holes located at the box base producing two depleting cones that growth progressively until they interact and stabilize. Granular displacement occurs in the surface and the three-dimensional strain can be measured. Three different flow conditions are observed at the surface during sand depletion: linear surface flowing in quasi-static conditions (a transient initial slow flow), gravity controlled granular flow, and inertia controlled flow. The surface deformation field is obtained a combination of two full-field optical techniques, fringe projection

and speckle photography, in the analogue model. The numerical model that considered water flow produced by groundwater extraction in an elastic porous media reproduces theoretical approaches for non-linear consolidation, and was performed using a finite difference method. The resulting morphology of water depletion cones in the numerical model can be compared to the first stage of flow in the analogue model. Although there are important differences in initial and boundary conditions of both experiments, the comparison of the first order results allows establishing that consolidation of sediments can also be defined in terms of flow of granular materials associated to the diminution of pore pressure.

SE02-4

### PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE DESPRENDIMIENTOS MEDIANTE SIG. UN CASO DE APLICACIÓN REAL EN MÉXICO

Guzmán López Adair, Vera Sánchez Pedro, González Verde Oscar, Ruiz Hernández Marco Polo, Yáñez Vázquez Rodrigo, Valdez Flores Germán, Canales Rubiales Erasto y Balderas López Sergio

*Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN*

cox\_1985@hotmail.com

La variada morfología del terreno, contraste litológico, complejidad estructural y actividad tectónica hacen a nuestro País, altamente vulnerable a los procesos de remoción en masa de todo tipo. Pudiendo inclusive zonificarse en su totalidad. Los resultados obtenidos al aplicar la metodología que en este trabajo se propone, han probado ser muy precisos. Esto es debido en parte a la calidad de los datos utilizados. El caso de estudio requirió del uso de imágenes LIDAR y de satélite, así como de intenso trabajo de campo; la información documental y de imágenes fue proporcionada por el Servicio Geológico Mexicano, y el trabajo de campo se llevo a cabo por especialistas de la escuela de ciencias de la tierra del IPN. El procesamiento preliminar de los datos permitió identificar los sitios con problemas por desprendimientos de rocas, mismos que fueron corroborados en campo y estudiados en detalle, prestando especial atención a las discontinuidades estructurales, litología y geomorfología. Posteriormente se depuro y complementó el modelo inicialmente propuesto. La metodología es resultado del uso combinado de los sistemas de información geográfica y de las imágenes de satélite, para generar los mapas que se procesaron haciendo uso del álgebra de mapas en ArcGis 9.2. Inicialmente se elaboraron tantos mapas como factores se identificaron influyen en el proceso de desprendimientos de roca (volteos o vuelcos, deslizamientos de falla plana y cuña). Posteriormente se les asignó un valor con base en una matriz analítica para que pudieran ser evaluados, obteniendo como resultados mapas de susceptibilidad al fenómeno, vulnerabilidad y riesgo con gran detalle. El presente trabajo pretende mostrar las bondades de esta metodología y difundir su aplicación para ser probada en otras áreas, bajo las consideraciones específicas de cada región donde se decida aplicar. Dichas consideraciones como se mencionó anteriormente son una función de la litología (particularmente de las propiedades mecánicas de las rocas presentes), las discontinuidades y sus atributos, así como de la morfología del terreno principalmente.

SE02-5

### ACERCA DEL MÉTODO DE GAUSS-NEWTON REGULARIZADO PARA RESOLVER PROBLEMAS INVERSOS NO-LINEALES

Frez Cárdenas José

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

jofrez@cicese.mx

El método de Gauss-Newton estabilizado sirve para resolver un problema no-lineal, indeterminado y de mediana escala (es decir, para unos pocos cientos de incógnitas). La literatura no contiene un procedimiento para evaluar la solución en el caso mencionado, particularmente por la no-linealidad.

En este trabajo, aplico regularización como método de estabilización y obtengo expresiones aproximadas para calcular las matrices de resolución y de covariancias de la solución. Para ello y en un primer paso, una transformación algebraica simplifica el algoritmo iterativo de Bakushinskii (1992) y produce uno equivalente; como consecuencia de lo anterior, resultan expresiones para el cálculo aproximado de las mencionadas matrices. Estas expresiones dependen sólo de resultados de la última iteración, bajo la suposición de que el esquema iterativo converge a una solución válida y que, consecuentemente, la diferencia entre las soluciones de las dos últimas iteraciones es pequeña. Con dos ejemplos de aplicación (ambos, 1-D y con datos MT), se comprueba la equivalencia numérica entre el algoritmo original, el modificado y el utilizado previamente a Bakushinskii (1992). Además, se calcula y dibujan las funciones de resolución para elementos del vector incógnita, las que se comparan positivamente con resultados de Parker (1994). Siguiendo la receta de esta última referencia, las funciones de resolución también se obtienen con un procedimiento más directo en el que, primero, se mide el efecto, en los datos, de la perturbación al modelo preferido con una función delta discreta; en un segundo paso, invertimos dicho efecto con la aproximación lineal.

Las comparaciones numéricas indican que la formulación que se presenta entrega resultados correctos y estables. En un trabajo próximo, el método se aplicará a problemas bidimensionales.

SE02-6

### LOS MODELOS COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA

Tolson Gustavo

*Instituto de Geología, UNAM*

tolson@servidor.unam.mx

Quando los investigadores y profesores necesitamos tomar decisiones acerca del cómo y qué enseñar a nuestros alumnos en los niveles de licenciatura y posgrado, la tendencia actual se centra en los perfiles de conocimiento definidos por las instituciones educativas con aportaciones de los sectores que contratarán a los egresados. A juzgar por los planes de estudio de las instituciones de educación superior que ofrecen estudios en ciencias de la Tierra, los planes de estudio se desarrollan alrededor de contenidos temáticos con poca preocupación de los métodos de enseñanza y de la formación integral de los alumnos en términos cognoscitivos, afectivos y filosóficos.

Las ideas robustamente útiles son un aspecto importante a desarrollar en cualquier profesionalista. Ejemplos de ideas robustamente útiles incluyen el método científico (Formular pregunta, elaborar protocolo, evaluar resultados, comunicar descubrimientos), el contexto histórico, el equilibrio (estático, dinámico y el desequilibrio), el concepto de escala, los umbrales (círculo de Mohr, cambio climático global), la taxonomía (biología, clasificación de rocas) y la elaboración de modelos.

Los modelos como herramientas didácticas y como herramientas para investigación se pueden concebir de distintas maneras: modelos conceptuales, modelos analógicos y modelos numéricos, cada uno con sus bondades y sus limitaciones.



Sesión Especial

**Estudios multidisciplinarios  
de fracturamiento y  
subsistencia y zonificación  
asociada en áreas urbanas**

Organizadores:

Dora Carreón

Mariano Cerca

Efraín Ovando

Gabriel Auvinet

SE03-1

### SISTEMA DE MONITOREO DEL FRACTURAMIENTO DEL SUBSUELO EN LA DELEGACIÓN IZTAPALAPA: MECANISMOS DE FRACTURAMIENTO IDENTIFICADOS

Carreón Freyre Dora Celia<sup>1</sup>, Cerca Mariano<sup>1</sup>, Gutiérrez Calderón Raúl<sup>2</sup>, Ocaranza Maldonado Jaime<sup>2</sup>, Díaz Rodolfo<sup>3</sup>, Ochoa Gil<sup>3</sup>, Álvarez Manilla Alfonso<sup>3</sup>, Portillo Pineda Rodrigo<sup>3</sup>, Ramírez Alonso Israel<sup>2</sup> y Zacarías Jiménez Said Ricardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Delegación Iztapalapa, Gobierno del Distrito Federal

<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra

freyre@geociencias.unam.mx

El objetivo principal del sistema de monitoreo propuesto es permitir analizar bajo diferentes criterios los diferentes tipos de información (factores geológicos y antropogénicos) para establecer un diagnóstico confiable sobre el tipo de fracturamiento estudiado. La correlación de datos por medio de un Sistema de Información Digital (SID) y un Sistema de Información Geográfica (SIG) permite fundamentar la elaboración de modelos de propagación para cada tipo de fracturamiento ajustando sus condiciones reales iniciales y de frontera. El SID permite también integrar las mediciones directas e indirectas en campo, con el desarrollo de algoritmos y la información cartográfica del SIG. Los estudios hasta ahora realizados sobre la deformación de materiales limo-arcillosos en esta zona urbana, revelan la coexistencia de factores que determinan las características de diversos tipos de fracturamiento que afectan la infraestructura urbana a diferentes escalas. Un importante factor es la extracción del agua subterránea que generalmente subyace a las secuencias lacustres y provoca la disminución de presión de poro y el aumento de esfuerzo efectivo, sin embargo no es el único. Se ha comprobado que la mejor manera de entender las condiciones de generación y propagación de fracturas en medios heterogéneos es a través del monitoreo y análisis de las condiciones de deformación de la secuencia y de la integración de sus características físicas y geológicas (estratigráficas, estructurales, mecánicas e hidráulicas). Los primeros resultados de cartografía geológica de detalle en esta Delegación muestran que el fracturamiento en la escala regional se encuentra relacionado con la interfase de comportamiento mecánico entre el material volcánico de la Sierra de Santa Catarina, y los sedimentos fluviales y lacustres del valle. De acuerdo a los registros, las zonas de mayor abatimiento piezométrico no corresponden directamente con las zonas de mayor subsidencia, ni las direcciones de mayor descenso piezométrico están asociadas espacialmente con las zonas de mayor fracturamiento. Esto verifica que es necesario establecer las condiciones de acoplamiento mecánico-hidráulico entre materiales volcánicos y sedimentarios para identificar la relación entre el abatimiento piezométrico y su contribución a la propagación de la deformación. El Centro de Monitoreo es el primero en su tipo en América Latina y constituye un importante ejemplo de colaboración inter-institucional para la evaluación de la problemática técnica y socio-económica que se asocia a este fenómeno en zonas densamente pobladas, en donde se requiere de herramientas que permitan tomar decisiones de manera rápida y confiable. Avances detallados de este proyecto pueden ser consultados en la dirección electrónica: [www.iztapolapa.gob.mx/centrode monitoreo.html](http://www.iztapolapa.gob.mx/centrode monitoreo.html)

SE03-2

### OBSERVACIÓN, MODELACIÓN Y PREDICCIÓN DE SUBSIDENCIA CAUSADA POR EXTRACCIÓN PROFUNDA DE FLUIDOS GEOTERMALES EN EL VALLE DE MEXICALI, B.C.

Glowacka Ewa<sup>1</sup>, Sarychikhina Olga<sup>1</sup>, Suárez Francisco<sup>1</sup>, Nava Pichardo F. Alejandro<sup>1</sup>, Farfán Sánchez Francisco Javier<sup>1</sup>, Díaz de Cossio Batani Guillermo<sup>1</sup>, Orozco León Luis Raúl<sup>1</sup>, Valdez Oscar<sup>1</sup> y Mellors Robert<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

<sup>2</sup>San Diego State University

glowacka@cicese.mx

El Valle de Mexicali esta ubicada en la frontera entre las placas América Norte y Pacífico, y se caracteriza por alta sismicidad, actividad geotérmica y deformación tectónica. Desde 1973 la Comisión Federal de Electricidad comenzó la extracción de fluidos geotermales para generación de electricidad en el Campo Geotérmico Cerro Prieto (CGCP). La subsidencia causada por la extracción alcanza una tasa de 15cm/año y afecta la infraestructura de carreteras, vía de tren, canales de irrigación y terrenos de los poblados y campos agrícolas.

Para definir la zona, fronteras y tasa de subsidencia fueron usados datos de nivelación de precisión, imágenes de InSAR, y observaciones continuas de grietómetros e inclinómetros. Se hizo también un reconocimiento geotectónico del área de estudio, documentando rasgos de rompimiento, fracturas y desplazamiento, determinando la orientación de las estructuras identificadas, y se comparo con las fallas tectónicas conocidas en la región.

En los resultados del estudio, se puede distinguir que el área de subsidencia está limitada a la zona comprendida entre las fallas: Imperial, Cerro Prieto, Saltillo y Morelia, zona conocida también como cuenca Cerro Prieto, pero es una zona mas grande que el área del CGCP, lo que sugiere la existencia de una zona de recarga. La relación entre la zona hundida con la ubicación de las fallas tectónicas, sugiere que la extracción de fluido reactiva y acelera el movimiento tectónico asociado a esas estructuras geológicas.

La tasa de subsidencia cambia en el tiempo, dependiendo de los cambios de la tasa de extracción de fluido, y la zona de máximo hundimiento se mueve dependiendo de los cambios en geometría del acuífero explotado.

En el limite este de la zona de subsidencia, la forma de hundimiento no es continua en espacio y tiempo. La falla Saltillo, que limita esta zona, tiene deslizamiento vertical del orden de 6 a 7cm/año, y relajamiento de la deformación ocurre en el tiempo en forma de eventos de slip (corrimiento), con amplitud del orden 1 a 3cm, una a tres veces por año.

Se modeló el hundimiento observado empleando un modelo de cuerpos rectangulares tensionales, para representar acuíferos, así como un modelo de un cuerpo rectangular de corte, para representar la falla Saltillo.

Utilizando los parámetros obtenidos de la modelación, balance de volúmenes, y diferentes escenarios del desarrollo de la producción en CGCP, se propone escenarios del hundimiento para los próximos años.

SE03-3

### EXPLORACION GEOFISICA SOMERA DE FALLAS ACTIVAS EN LA CIUDAD DE MORELIA: RESULTADOS PRELIMINARES

Cabral Cano Enrique<sup>1</sup>, Arciniega Ceballos Alejandra<sup>1</sup>, Díaz Molina Oscar<sup>1</sup>, Garduño Monroy Víctor Hugo<sup>2</sup>, Ávila Olivera Jorge Alejandro<sup>2</sup>, Hernández Madrigal Víctor Manuel<sup>2</sup> y Hernández Quintero Esteban<sup>1</sup>

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

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

ecabral@geofisica.unam.mx

La Ciudad de Morelia sufre procesos de fallamiento superficial que afectan sus obras civiles y de infraestructura urbana desde por lo menos el año de 1983 a la fecha. La cartografía superficial de la ciudad muestra la presencia de 9 fallas con orientación NE-SW distribuidas en toda la zona urbana, estas fallas forman parte del sistema tectónico regional Morelia -Acambay. Así mismo está también plenamente documentado que existe una componente de subsidencia, especialmente marcado en la parte centro y norte de la ciudad, la cual está asociada a la compactación de las secuencias granulares fluviolacustres debido a la extracción de agua subterránea. Esta situación por lo tanto presenta un alto riesgo para los habitantes de la Ciudad de Morelia. En este trabajo se muestran los resultados preliminares derivados de un nuevo levantamiento de Radar de Penetración Terrestre y de Sísmica de Exploración efectuado hasta el momento en las fallas La Colina, Torremolinos y Chapultepec. Las actividades descritas forman parte de un esfuerzo de largo plazo que incluye instrumentación geodésica y exploración geofísica somera para el seguimiento espacio-temporal del proceso de subsidencia ligado a fallas regionales y la caracterización de una de sus consecuencias que se expresa como fallamiento superficial.

SE03-4

### CONTROL ESTRUCTURAL EN LAS FALLAS POR SUBSIDENCIA EN IRAPUATO Y SALAMANCA GTO.

Schroeder Aguirre Aarón Antonio<sup>1</sup>, Rodríguez Castillo Ramiro<sup>1</sup> y Silva Hernández Teodoro<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, IPN

schroeder.aaa@gmail.com

La región entre Irapuato y Salamanca se encuentra comprendida en el límite de dos provincias geológicas: la Provincia de la Sierra Madre Occidental (SMO) y la Faja Volcánica Transmexicana (FVT). Predominan rocas volcánicas en ambas zonas.

Ambas ciudades presentan problemas de subsidencia manifestada por fracturamientos del terreno y las llamadas localmente fallas por subsidencia. La subsidencia se asocia a los intensos regímenes de extracción de los más de 1600 pozos activos de la zona. En Salamanca solo se conocen dos o tres fallas, dos trazas bien definidas y una tercera con apenas algunas manifestaciones superficiales. En Irapuato se han detectado 18 sistemas de fallas con una longitud total acumulada de 25 km. La velocidad de subsidencia medida es muy similar en las dos zonas,

en Salamanca es de 6-7 cm por año mientras que en Irapuato 9-12 cm anuales.

Se georeferenciaron las fallas y se colocaron para su análisis en un Sistema de Información Geográfico. La orientación preferencial en Irapuato y Salamanca es N-E lo que lleva a postular la hipótesis de un control tectónico estructural en ambos casos.

Se seleccionó una zona para monitorear la información.

Se proponen algunas hipótesis sobre la orientación de las fallas tanto en Irapuato como en Salamanca.

SE03-5

### FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LAS GRIETAS EN EL ÁREA DE SN LORENZO TEZONCO, IZTAPALAPA, MÉXICO DF

Vera Sánchez Pedro, Peña Salazar Leobardo y González Verde Oscar

*Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN*

pveras@ipn.mx

La presencia de grietas en el oriente de la ciudad de México, no es un fenómeno reciente, aunque si ha recibido mayor atención en el último año, como consecuencia del costo político y social que ha representado. Es el primero de estos el que se ha vuelto tema de debate y de la especulación estériles por parte de pseudo especialistas y políticos cuyo protagonismo ha bloqueado el desarrollo de los trabajos en el área y ha ocultado el estado actual del conocimiento de dicha problemática. No obstante las instituciones académicas hemos permanecido al margen realizando nuestra labor en beneficio de la sociedad, al buscar comprender el o los procesos que intervienen en la aparición desarrollo y evolución de las grietas. Para esto se han realizado trabajos de geología y geofísica de detalle, obteniendo resultados que han sido corroborados con información directa de pozos; la integración de dichos resultados ha permitido generar modelos de los que se desprenden los elementos involucrados en el fenómeno en cuestión, siendo estos de tipo estratigráfico y estructural principalmente y no exclusivamente hidrodinámicos como se pensaba o inclusive tectónicos. El uso de las técnicas y consideraciones desarrolladas ex profeso tanto geológicas como geofísicas, permiten aplicar esta metodología en otras áreas con las mismas circunstancias obteniendo buenos resultados, aunque hay que recordar que existen particularidades inherentes a cada sitio. El siguiente paso es poder diferenciar entre grietas tomando en cuenta su origen específico, documentar presencia, características, distribución y abundancia, en un sistema uniformizado que deberá ser una herramienta real de prevención, que permita salvaguardar la integridad física de la población y su patrimonio, así como el de la infraestructura superficial y subterránea.

SE03-6

### EL HUNDIMIENTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO: SU IMPACTO EN LAS PROPIEDADES DEL SUBSUELO Y SU RESPUESTA SÍSMICA

Ovando Shelley Efraín  
*Instituto de Ingeniería, UNAM*  
eovs@pumas.ii.unam.mx

La extracción de agua del subsuelo de la ciudad de México por medio del bombeo extensivo es la causante del hundimiento regional que la afecta desde hace siglo y medio. Además, el bombeo de agua produce cambios de esfuerzos efectivos en el subsuelo y estos cambios modifican sus propiedades estáticas y dinámicas. Al modificarse las propiedades del subsuelo, también se modifica su respuesta sísmica.

En este trabajo se estiman los hundimientos futuros que se presentarán en algunos sitios del centro histórico de la ciudad de México empleando para ello un programa de diferencias finitas que simula el proceso de consolidación de los estratos arcillosos por efecto del bombeo profundo; las condiciones de frontera incorporan los valores actuales y futuros de la presión de poro en ciertas profundidades. Con las estimaciones de los cambios futuros de geometría (hundimientos) y de esfuerzos efectivos dentro de los depósitos de arcilla, se estimaron los cambios en las propiedades índice y mecánicas de las arcilla y con estos, los cambios en las propiedades dinámicas. Con estas últimas, se analiza la respuesta dinámica que en el futuro se puede esperar, para temblores típicos, en algunos sitios del Centro Histórico de la ciudad de México. Los resultados indican que los cambios empezarán a ser significativos dentro de unos treinta años, en especial en las orillas del antiguo lago, en la llamada zona de transición. Finalmente, se discuten las implicaciones de estos hallazgos en la reglamentación para el diseño de cimentaciones y edificios.

SE03-7

### CONTROLES GEOLÓGICOS DE LOS HUNDIMIENTOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Suárez Plascencia Carlos<sup>1</sup> y Delgado Argote Luis A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Geografía y Ordenación  
Territorial, Universidad de Guadalajara*

<sup>2</sup>*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*

csuarez@cencar.udg.mx

La Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) fue objeto a partir de 1950 del relleno gran número de barrancas con fines de urbanización, sobre todo las ubicadas en el sector norte y poniente, el origen del sistema de barrancas puede estar asociado con fallas o zonas de fracturas, que actualmente solo es posible identificarlas en la Barranca del Río Grande de Santiago (BRGS). Durante la década de los 80's comienzan a reportarse afectaciones de diferente magnitud por hundimientos a edificaciones e infraestructura, los que han sido recurrentes hasta la fecha.

Se presentan los resultados del trabajo realizado en la BRGS, ubicada en el sector norte de la ZMG, que es una depresión tectónico-erosiva con una profundidad de 500 m, la cual muestra una secuencia de depósitos volcánicos y sedimentarios con rápidos cambios de facies laterales. La columna generalizada de

la sección de 15 km entre el camino a Matatlán y Puente de Arcediano comienza en el nivel superior con lavas basálticas, que yacen sobre la ignimbrita San Gaspar, está descansa sobre depósitos sedimentarios fluviales con un espesor aproximado de 20 m, que incluyen líticos volcánicos subredondeados y angulosos de hasta 0.15 m. La sección yace sobre una secuencia de ignimbritas y lavas de composición dacítica. A una profundidad de 1200 msnm en las proximidades de la localidad de Arcediano, el nivel inferior la secuencia se constituye por dacitas y andesitas con intercalaciones de ignimbrita de pómez entre 10 y 20 m de espesor. El talweg del río Grande de Santiago A 1018 msnm se forma por lavas de andesita. Estructuralmente en la zona de San Gaspar se identificaron fallas normales con componente izquierda en lavas contemporáneas con una dirección 191°/89°. En la presa Colimilla a 1297 msnm se observó un fallamiento lateral con desplazamiento normal (267°/81°) y saltos de 30 y 20 m tomando como referencia una unidad de tefra de 3-10 m espesor, aparentemente los derrames de lava en el sitio presentan deformación, la cizalla principal es paralela al río Verde. En el sitio del arroyo San Gaspar las fallas tienen una orientación principal 285°/83° y afectan a ignimbritas que infrayacen a dacitas. En la zona del puente Arcediano (aparentemente es la base de la secuencia) el fallamiento tiene una orientación 188°/75° en andesitas, en las ignimbritas de pómez que presenta un cizallamiento con dirección 92°/84° que es paralelo al río Verde.

SE03-8

### MICROZONACIÓN POR EFECTO DE SITIO Y CLASIFICACIÓN DE TERRENOS DE LAS CIUDADES DE VERACRUZ-BOCA DEL RÍO (ZCV), OAXACA Y ACAPULCO CON EL USO DE FAMILIAS ESPECTRALES DE MICROTREMORES Y SISMOS

Limaymanta Mendoza Felicita Marlene, Lermo Samaniego  
Javier, Mondragón López Eloy y Núñez Méndez Fernando

*Instituto de Ingeniería, UNAM*

flimaymantam@iingen.unam.mx

Los reglamentos de construcción nacionales atienden los efectos de sitio clasificando el terreno en tres tipos, con base en el periodo dominante y la velocidad de onda de corte del suelo, los códigos internacionales como, The Internacional Building Code de USA (IBC), 2000 (Marshall, 2004) y el Eurocode 8, 2004 (Sousa C. et al., 2006) clasifican el terreno en seis clases y usan el parámetro VS30, el cual se define como la velocidad de onda de corte en los primeros 30 m, para entrar a la tabla de clasificación.

El procedimiento que se usó para la zonación y clasificación de terrenos usando los sistemas nacionales e internacionales mencionados anteriormente es el siguiente:

1. Evaluación de la respuesta de sitio usando familias espectrales de las funciones de transferencia empírica promedio (FTEP). Para encontrar estas familias primero calculamos las funciones de transferencia empíricas (FTE) con registros de microtemores y sismos.

2. División de una ciudad en zonas (microzonación) de acuerdo a las formas espectrales de las FTEP, calcular la función de transferencia teórica (FTT) de cada zona con el método de Haskell (1962).

3. Comparación las FTEP y la FTT para ajustar los datos de los modelos estratigráficos de cada zona y finalmente, utilizar los datos de estos modelos para calcular los parámetros de clasificación de terrenos y el VS30.

4. Una vez obtenido estos parámetros se identifica cada zona con un tipo o clase de terreno para así obtener la clasificación de terrenos de una ciudad.

Sin embargo, las clasificaciones resultantes usando las especificaciones de la CFE no fueron satisfactorias ya que se encontró poco detalle en ellas. Los terrenos de La ZCV, quedaron como tipo III igual que los de Oaxaca y los de Acapulco como tipo II y III. Por otra parte, se tuvo algunas complicaciones al calcular el VS30 cuando el modelo estratigráfico era menor o mayor a 30 m.

Por ello, proponemos un nuevo sistema de clasificación de terrenos que se basa en el estudio de la respuesta dinámica de las tres ciudades estudiadas. Es importante mencionar que estas ciudades presentan características geológicas distintas (la ZCV se ubica en la zona del Golfo de México, Acapulco en las costas del pacífico y Oaxaca cerca al Eje Neovolcánico) y diferente actividad sísmica (aproximadamente, 35% de los sismos nacionales ocurren en zona de Guerrero, 15% en Oaxaca y 3% en Veracruz, según los reportes del Servicio Sismológico Nacional Mexicano).

Este nuevo sistema se planteó con base en los tres primeros pasos del procedimiento mencionado anteriormente y depende de la frecuencia dominante del terreno, la velocidad de onda de corte y del espesor de los estratos. Con este sistema de clasificación el resultado es el siguiente: La ZCV, se divide en 3 tipos de terreno (C, D y E); Oaxaca, en 5 tipos (B, C, D, E y F) y Acapulco, en 4 tipos (B, D, E y F).

SE03-9

#### RESPUESTA DE SITIO EN TECOMÁN, COLIMA. COMPARACIÓN ENTRE DISTINTOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y DIFERENTES TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Tejeda Jacome Juan de la Cruz<sup>1</sup>, Chávez García  
Francisco<sup>2</sup> y Rodríguez González Miguel<sup>2</sup>

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

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

jtejedaj@iingen.unam.mx

En este trabajo se presenta una evaluación de los efectos de sitio en la zona urbana de la ciudad de Tecomán, Colima. Adicionalmente, se presentan estimaciones de la estructura del subsuelo en algunos puntos de la ciudad. Los datos utilizados son registros de sismos y ruido ambiental obtenidos de una red temporal de 9 sismógrafos con sensores triaxiales de 4.5 Hz., y de dos estaciones acelerográficas. Adicionalmente se realizaron mediciones de ruido con acelerómetros y con sismógrafos de banda ancha. Finalmente, se realizaron experimentos de refracción sísmica en cinco sitios utilizando un sismógrafo de exploración de 24 canales, con el que también se registró ruido sísmico. Los datos se analizaron utilizando las técnicas HVSR (cocientes espectrales de los componentes horizontales relativos al componente vertical) y GIS (inversión paramétrica del espectro de amplitudes de Fourier de la ventana de ondas S). Los registros de refracción se analizaron siguiendo técnicas estándar así como técnicas de dispersión de ondas superficiales (MASW). Los registros de ruido registrados con el sismógrafo de exploración se analizaron utilizando técnicas de correlación.

Los resultados muestran que los registros de ruido sísmico permiten estimar correctamente la frecuencia fundamental en la ciudad de Tecomán (entre 0.56 y 0.71 Hz), siempre que se utilicen sensores de velocidad. Los registros de ruido sísmico obtenidos con acelerómetros no permiten identificar esa frecuencia. Esto

se debe a ruido electrónico en los sensores de aceleración a baja frecuencia. El factor de amplificación para la ciudad obtenido del análisis de los registros de ruido sísmico, sin embargo, fue significativamente menor al obtenido con registros de sismos (entre 2.7 y 8.1). Nuestros resultados fueron validados con el cálculo directo de la función de transferencia 1D utilizando los perfiles estratigráficos deducidos de la exploración sísmica.

SE03-10

#### EL TERREMOTO DEL 15 DE AGOSTO DE 2007 (MW=7.9), PISCO, PERÚ. CLASIFICACIÓN DE TERRENOS CON FINES DE DISEÑO SÍSMICO PARA LAS CIUDADES DE PISCO, ICA Y LIMA-CALLAO

Lermo Samaniego Javier<sup>1</sup>, Limaymanta Mendoza Felicita  
Marlene<sup>1</sup>, Antayhua Yanet<sup>2</sup> y Lázares De la Rosa Fernando<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú, INGEMMET

<sup>3</sup>Centro Peruano Japonés de Investigación  
Sísmica y Mitigación de Desastres, CISMID

jles@pumas.iingen.unam.mx

El 15 de Agosto del 2007 ocurrió un terremoto de magnitud 7.9 en la costa central de Perú, el epicentro fue localizado a 60 Km de la ciudad de Pisco y a 26 Km de profundidad (Reporte del Instituto Geofísico del Perú). Este evento de mecanismo inverso (Universidad de Harvard, CMT) produjo intensidades de VII y VIII de la Escala Mercalli Modificada en las ciudades de Pisco e Ica y V en la ciudad de Lima.

Unas de las ciudades más afectadas fueron Pisco e Ica, ciudades de mayor importancia en la zona, las autoridades correspondientes reportaron 595 muertes, 1500 heridos y 17,000 casas dañadas. Este hecho nos motivó a estudiar el efecto de sitio de estas ciudades como una posible causa de la destrucción.

Del 21 al 26 de Agosto de 2007 un equipo de trabajo conformado por el Centro de Investigación de Mitigación y Prevención de Desastres del Perú, CISMID, El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú, INGEMMET y el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM realizó un monitoreo sísmico en las ciudades de Ica y Pisco, con el objeto de evaluar el efecto de sitio, caracterizar los suelos encontrados para clasificarlos y proponer mapas de clasificación de suelos de las ciudades de Ica, Pisco y Lima. En este análisis.

Para esta investigación se usó registros de las réplicas del terremoto registrados con tres acelerómetros y tres sismógrafos. Se obtuvo más de 25 réplicas en nueve lugares dentro de la zona urbana de Ica y más de 29 réplicas en siete lugares dentro de la zona urbana de Pisco.

SE03-11 CARTEL

**CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA PREVIA A LA CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL EN LA SIERRA LA SILLA, SE DE MONTERREY, NL. AVANCES**

Alva Niño Efraín, Avendaño Bazaldúa Brenda M., Ramírez Larralde Mario A., Pou Acuña Sergio J. y Medina Barrera Francisco

*Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL*

ealvan@fct.uanl.mx

El presente trabajo presenta los avances de tesis grupal de licenciatura, la cual aprovecha la construcción de un túnel incluido dentro del proyecto "Arco Vial Sureste" en la Sierra de la Silla, al sureste del área metropolitana de Monterrey.

La ingeniería geológica no se ha desarrollado plenamente en el noreste de México ya que los estudios previos de la roca y suelo generalmente no son realizados, por lo que la relación entre la obra civil proyectada y el macizo rocoso que se verá afectado por la construcción no es contemplada o prevista. La ausencia de los estudios geomecánicos puede llegar a causar daños estructurales y en algunos casos pérdida total de la obra.

Es imprescindible para el proyectista poseer información en un lenguaje claro y sencillo que le permita prever y enfrentar los problemas ingeniero – geológicos que se puedan presentar antes, durante y después de la construcción.

Los avances del presente estudio incluyen la construcción de un mapa Ingeniero - Geológico sobre el área del trazado del túnel que incluye datos estructurales e información sobre las distintas unidades geomecánicas. Estas unidades son obtenidas a partir de la caracterización y evaluación de parámetros geomecánicos de la roca. En el presente estudio se aplican las clasificaciones geomecánicas o índices de calidad de la roca como el RMR (Rock Mass Rating) y Q de Barton, los cuales pretenden solventar esas necesidad de información del proyectista. Además, los datos generados con esta herramienta sirven para determinar el tipo de excavación y sostenimiento empírico del túnel en su longitud de 1.8 km. a través de la Sierra de la Silla.

También se presenta el análisis cinemático, de estabilidad y la clasificación SMR (Slope Mass Rating) de los taludes proyectados sobre el trazo a cielo abierto en el cañón de Santa Ana y sobre ambas boquillas del túnel.

Como un complemento a este estudio, se pretende la obtención de muestras de campo para análisis de laboratorio de Ingeniería Geológica, con el objetivo de obtener parámetros tales como compresión, resistencia al corte, ángulo de fricción interna, cohesión, presión de poro, compresión uniaxial y triaxial. De ésta manera se crearía una base de datos con las características y parámetros geomecánicos de las diversas formaciones geológicas expuestas en el Área Metropolitana de Monterrey para realizar la evaluación Ingeniero-Geológica mas real a la problemática de construcción en montaña.

SE03-12 CARTEL

**RESULTADOS PRELIMINARES DE LA CARACTERIZACIÓN DE FALLAMIENTO SUPERFICIAL UTILIZANDO RADAR DE PENETRACIÓN TERRESTRE EN LA CIUDAD DE JESÚS MARIA, AGUASCALIENTES**

García Pérez Leticia, Díaz Molina Oscar y Cabral Cano Enrique

*Instituto de Geofísica, UNAM*

maglgp@yahoo.com.mx

El proceso de subsidencia debido a la extracción de agua y su expresión superficial como fallamiento afectan varias zonas urbanas del centro de México. Este fenómeno adquiere cada vez una mayor importancia debido al costo de los daños que sufren las casas habitación, obras civiles y su infraestructura urbana. Nuestro trabajo muestra los resultados preliminares en la Ciudad de Jesús María, Aguascalientes para caracterizar en subsuelo este proceso por medio de Radar de Penetración Terrestre. A la fecha se han levantado mas de 40 secciones perpendiculares al rumbo del fallamiento con posicionamiento diferencial en tiempo real utilizando antenas de 40, 70 y 200 MHz y logrando penetraciones hasta los 8-10 m de profundidad. Con ayuda de estos radargramas, es posible definir la zona de afectación de cada falla tanto en superficie como a profundidad, con lo que a su vez se puede definir un mapa de densidad de fallamiento y definir zonas de peligro. El trabajo a futuro incluye la correlación de la cartografía en subsuelo con el análisis de gradiente horizontal de subsidencia mediante técnicas de geodesia satelital.

Sesión Especial

# **Fenómenos físicos asociados a la actividad tectónica**

Organizador:  
Anatoliy Kotsarenko

SE04-1

## INSTALACIÓN DE UN OBSERVATORIO GEOMAGNÉTICO ULTRASENSIBLE EN LA COSTA DE OAXACA

Hernández Quintero Esteban<sup>1</sup>, Cifuentes Nava Gerardo<sup>1</sup>, Hrvoic Ivan<sup>2</sup>, Cabral Cano Enrique<sup>1</sup>, Wilson Michael<sup>2</sup> y López Francisco<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*GEM Systems, Canada*

estebanh@geofisica.unam.mx

La concepción del observatorio magnético tradicional se plantea desde un nuevo punto de vista, mediante el uso de un súper-gradímetro (Supergrad) de operación autónoma instalado en la costa del estado de Oaxaca, en el Trapiche, San Francisco Cozoaltepec, municipio de Santa María Tonameca. Este magnetómetro basado en el principio de bombeo óptico, es el más sensible en su tipo, midiendo a razón de 20 muestras por segundo la componente total de campo magnético (F). Sus mediciones permiten obtener 1 fT/m de sensibilidad en su gradiente horizontal. Esta precisión permite el estudio de variaciones naturales del campo magnético asociadas con procesos de subducción y estudiar el ciclo de acumulación y liberación de esfuerzos en una zona sismogénica. La implementación de este nuevo observatorio magnético consiste en tres sensores orientados ortogonalmente y la instalación de la infraestructura necesaria para su respaldo y transmisión vía satélite tanto al Instituto de Geofísica en la ciudad de México; como a las oficinas de GEM-Systems en la ciudad de Toronto.

Inicialmente el control de las variaciones naturales del Campo Magnético (principalmente la variación diurna) se realizó mediante su medición vectorial, en un pilar cuyas coordenadas geográficas son conocidas con precisión (Lat. N. 15° 42' 24". Long. W 96° 42' 24"). Para el mes de mayo de 2008 se hicieron las más recientes observaciones obteniéndose una inclinación magnética de 43.31°, y una declinación magnética de 5.33° (al Este). Para mejorar el registro de las variaciones naturales del campo magnético local, (además de las observaciones absolutas hechas en el pilar de referencia) se instaló recientemente un segundo magnetómetro de bombeo óptico de Potasio (K dId) que mide con una frecuencia de 20 muestras por segundo la Inclinación, Declinación e Intensidad Total del campo magnético. En estas primeras etapas de funcionamiento, el observatorio experimental se ha sometido a severas pruebas de humedad, y temperaturas propias de la región, que al momento han sido solucionadas satisfactoriamente. En este trabajo se presentan las distintas etapas de construcción; así como resultados preliminares de su operación conjunta con Supergrad y dIdD.

El objetivo de este observatorio magnético es enfocar el análisis de las variaciones de campo magnético hacia los procesos geodinámicos, además de aquellas provenientes de fuentes externas, dándole un carácter único en el análisis de fenómenos naturales.

SE04-2

## CARACTERIZACIÓN NO LINEAL DE SERIES DE TIEMPO DE AUTOPOTENCIAL ELÉCTRICO LIGADAS A EVENTOS SÍSMICOS

Márquez Cruz Juan<sup>1</sup>, Flores Márquez Leticia<sup>1</sup> y Ramírez Rojas Alejandro<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Área de Física de Procesos Irreversibles, UAM*

jmc\_correo@yahoo.com

El objetivo de este estudio es presentar una metodología estadística, basada en leyes de potencia, para analizar los cambios en el potencial eléctrico natural medido en el subsuelo, posiblemente ligados a la preparación de sismos. Con ello se pretende caracterizar el sistema a lo largo del tiempo y asociar estos cambios a precursores sísmicos, cabe aclarar que no se trata de una predicción, sino encontrar variaciones en las condiciones del campo que delate la evolución de un sismo. Existen varias hipótesis sobre la generación de estas variaciones del potencial eléctrico, una menciona que son debidas a las fluctuaciones de esfuerzos a los que está sometido el material piezoeléctrico del subsuelo, ocasionados por los movimientos tectónicos regionales, en este caso, se asocia al mecanismo propio del sismo, o sea, a las etapas de preparación, ruptura y relajación de la corteza.

Las leyes de potencia describen de manera natural los fenómenos que se presentan en las Ciencias de la Tierra. Estos fenómenos son de diversas escalas, desde estudios en pozos para la exploración petrolera, hasta correcciones de levantamientos gravimétricos. Las leyes de potencia son relaciones entre datos de la forma  $y=ax^{\#}$ , que denotan una cierta organización de un sistema, si  $\#$  tiene valores cercanos a 2 se dice que es un sistema con organización de tipo Browniano (descrito por Albert Einstein en 1956) y que deja de ser aleatorio. Ejemplos de estas leyes son la ecuación de Stefan-Boltzmann y la ley de la gravitación universal de Newton, en los que el valor de  $\#$  son 4 y -2, respectivamente.

Los valores de potencial eléctrico natural, fueron obtenidos por un grupo de investigadores del IPN en la década de los 90's, siguiendo la metodología del grupo griego VAN (por P. Varotsos, K. Alexopoulos y de K. Nomicos). Las diferencias de potencial fueron medidas empleando dos electrodos separados 50 m y enterrados 2 m. Los registros se realizaron de manera continua por más de 5 años, para 5 diferentes estaciones ubicadas en costas del estado de Guerrero y una en Puebla.

La caracterización como leyes de potencia de estos datos se realiza mediante el análisis en ventanas (~3 hrs) del espectro de potencias de la serie de tiempo, obteniéndose así, la evolución del exponente  $\#$  a lo largo de varios meses. Esta evolución muestra diferentes estados del sistema, en su mayoría presenta valores de 1 a 1.5 asociados a ruido blanco, dado que el subsuelo posee diferentes fuentes de potencial eléctrico, pero cuando los valores de  $\#$  se encuentran alrededor de 2, el sistema posee un orden, el cual puede atribuirse a la variación del estado habitual de esfuerzos en esas regiones.

Se analizaron los datos de autopotencial de la estación Acapulco (ACA) para el año de 1993 en el que se presentaron dos sismos de magnitud  $M_c \# 6$ , dando como resultados unas claras anomalías en las series de  $\#$  estudiadas, cuyos valores alcanzaban ~2 previo a los sismos de 15 de mayo y 24 de octubre de ese año.



SE04-3

### ANOMALIES OF THE VARIATION OF THE RADON CONCENTRATION OBSERVED IN THE VOLCANO POPOCATEPETL, MEXICO DURING 2007–2008

Kotsarenko Anatoliy<sup>1</sup>, Grimalsky Vladimir<sup>2</sup>, Villegas Ceron Reyna Alejandra<sup>3</sup>, Pérez Enríquez Román<sup>1</sup>, Koshevaya Svetlana<sup>2</sup>, Yutsis Vsevolod<sup>3</sup>, López Cruz Abeyro José<sup>1</sup> y Valdés González Carlos<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de Morelos

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

<sup>4</sup>Centro Nacional de Prevención de Desastres

kotsarenko@geociencias.unam.mx

Results of the anomaly variation of the concentration of radon (noble gas with natural radioactivity) measured in the area of the volcano Popocatepetl and their analysis are presented. Permanent observations were performed at different places (Tlamacas station, Paso de Cortes and referent site in Amecameca) during December 2007 -September 2008, data were collected by identical Radon Scout instruments (manufactured by SARAD company) with integration time 1 hour per sample.

Our analysis reveals certain stable tendencies. First of all, averaged values of the radon concentration observed in the volcano sites (Tlamacas and Paso de Cortes) are 4-10 greater of those measured in Amecameca referent site. Then, there is a distinct difference between the data recorded at 2 volcano sites. Paso de Cortes (20 km away from volcano) data regularly manifest high level values with only diurnal variation, unlike the Tlamacas station (4 km away) data display considerable variations possibly associated with volcano geodynamics. Thus, there are numerous gradual depressions of the radon concentration with duration from about 12 hours up to several days. We associate most of observed anomalies with 2 volcano-related events: 1.) in major cases radon depression anticipates moderate volcano eruptions, and 2.) some of the observed anomalies accompany tectono-volcanic events.

SE04-4

### ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN FRACTAL DE LA SISMICIDAD PREVIA A SISMOS DE M # 6 DEL CATÁLOGO DE RESCO

Márquez Ramírez Víctor Hugo<sup>1</sup>, Nava Pichardo F. Alejandro<sup>1</sup>, Reyes Dávila Gabriel<sup>2</sup> y Ramírez Vázquez Carlos Ariel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE

<sup>2</sup>Red Sismológica del Estado de Colima, Universidad de Colima

vmarquez@cicese.mx

Se realizó un análisis de la dimensión fractal (D) de los epicentros reportados en el catálogo de la Red Sismológica del Estado de Colima (RESCO). En el catálogo se documenta fecha, hora, latitud, longitud, magnitud y profundidad de 20,000 eventos, para el periodo 1995-2007.

Se estudió la variación espacio-temporal de la dimensión fractal en la sismicidad previa a los eventos de M # 6 reportados en el catálogo. Para el cálculo de D se utilizó los métodos de conteo de cajas y de correlación. Se estudia el comportamiento de un estimador de a fractalidad ( $f$ ) que mide el ajuste de la distribución epicentral a una relación fractal y la extensión de ajuste. Se explora la relación entre fractalidad y agrupamiento.

SE04-5

### A FRACTAL AND MULTIFRACTAL STUDY OF SELF-POTENTIAL TIME SERIES

Cervantes De la Torre Francisco<sup>1</sup> y Angulo Brown Fernando<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana

<sup>2</sup>Escuela Superior de Física y Matemáticas, IPN

fcot@correo.azc.uam.mx

In many seismically active zone around the world there exist research programs for the study of precursory phenomena of seisms (Lomnitz, 1990; Rikitake, 1976; Hayakawa, 1999). One of the techniques used in the search of phenomena precursors of seisms since more twenty seven years ago consists in monitoring the so-called electric self-potential field. This field is studied through measurements of the ground electrical potential (the self-potential) by means of shallow pairs of unpolarized electrodes buried in the ground generating a voltage time series  $\Delta V(t)$ . Several authors have proposed a correlation between patterns of self-potential variations and the mechanism of preparation of earthquakes (Varotsos and Alexopoulos., 1948a; 1948b).

In many seismically active zones in the world there exist research programs for the study of precursory phenomena of seism. One techniques used since more five years ago consists in monitoring the so-called self-potential (electric field of the ground).

For some years, we have taken registers of the fluctuations of electric self-potential of the ground in several sites of Mexico (Yáñez et al., 1995; 1999), these registers were taken by means of electric self-potential stations as described in the next section. Some stations are located along the coast of Guerrero state, near the Middle American Trench, which is the border between the Cocos and the American tectonic plates. In this work, we study the electric self-potential time series arising from station of Acapulco (16.85 N, 99.9 W), also of the Coyuca Ometepec and Tecpan Stations, linked to the Middle American trench. In this typical station, thousands of data are taken each two (or four) seconds during periods in the scale of months and years.

In this work we report the fractal and multifractal study of the Acapulco, Coyuca, Ometepec, and Tecpan Stations; we use the Higuchi's algorithm to calculate the fractal dimension D for the self-potential time series, and we discuss the feasibility of this method to identify patterns that could be precursors of seisms with magnitude larger than or equal to  $M_w=5.8$ .

Sesión Especial

**Geodynamics of the Mexican  
Subduction Zone: constraints  
from seismology, geochemistry  
and plate reconstructions**

Organizadores:  
Vlad Manea  
Marina Manea

SE05-1

### SEISMIC IMAGING OF THE RIVERA SLAB AND THE JALISCO BLOCK

Grand Stephen<sup>1</sup>, Yang Ting<sup>2</sup>, Sudharja Sandy<sup>1</sup>,  
Guzmán Marco<sup>3</sup>, Gómez González Juan Martín<sup>3</sup>,  
Domínguez Reyes Tonatiuh<sup>4</sup> y Ni James<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Jackson School of Geosciences, The University of Texas at Austin, USA*

<sup>2</sup>*State key Lab. of Marine Geology, School of Ocean & Earth Sciences, Tongji University, China*

<sup>3</sup>*Centro de Geociencias, UNAM*

<sup>4</sup>*Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima*

<sup>5</sup>*Physics Department, New Mexico State University, USA*

steveg@maestro.geo.utexas.edu

The subduction zone of western Mexico is a unique region on Earth where microplate capture and overriding plate disruption are occurring today. The young, small Rivera plate and the adjacent Cocos plate are subducting beneath the Jalisco block of Mexico. Here we present results obtained from the MARS (MApping the Rivera Subduction zone) seismic array that consisted of 50 broadband seismometers deployed in Jalisco, Colima, and Michoacan states from January, 2006 through June, 2007. Teleseismic tomography results show that below a depth of 150 km there exists a clear gap between the Rivera and Cocos slabs that increases in width with depth. The gap between the plates lies beneath the northern part of the Colima Graben and may be responsible for the location of Colima volcano. The images indicate that the deep Rivera plate is subducting more steeply than the adjacent Cocos plate and also has a more northerly trajectory. At a depth of about 100 km both the Rivera and Cocos slabs have increased dips such that the slabs are deeper than 200 km beneath the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB). It is also found that the Rivera plate is at roughly 140 km depth beneath the young central Jalisco Volcanic lineament. Our images suggest that the Rivera plate and western most Cocos plate have recently rolled back towards the trench and that the Jalisco Volcanic lineament is arc related. This scenario may explain the unusual magmatic activity seen in the TMVB.

SE05-2

### 3D GEODYNAMIC MODELING AND GEOLOGIC EVIDENCES OF CENOZOIC SLAB DETACHMENT BENEATH WESTERN NORTH AMERICA

Ferrari Luca, Manea Vlad Constantin y Manea Marina

*Centro de Geociencias, UNAM*

luca@geociencias.unam.mx

Geologic history and plate reconstructions indicate that subduction of an oceanic plate may cease when a spreading ridges arrives close to the trench because of the positive buoyancy of oceanic crust younger than 5 Ma. In some cases seismic tomography show gaps in high velocity bodies suggesting that the slab broke off before subduction ended. This is because the deeper part of the slab continues to sink in the mantle while the upper part sticks with the upper plate. To date this process has been investigated only by two dimensional models. These models are not able to reproduce the lateral propagations of the detachment, thought to have occurred at several places worldwide and recently confirmed in central Mexico by the MASE and MARS

experiments. Here we present results of 3D numerical simulations of the evolution of the western North America subduction system since 40 Ma, tailored to the evolution of the Farallon slab after the interaction of the East Pacific Rise (EPR) with North America. Subduction of the Farallon plate mostly ceased when the EPR arrived close to the trench, leaving a series of small microplates with ~1 to 3 Ma old oceanic crust off the west coast of Baja California. A gap in the slab must have formed to allow the formation of the Gulf of California rift. Our model show the evolution of this process time and space, which can be related to geologic events in the upper plate.

The model show that the slab broke off some m.y. after the initial interaction between the EPR and the trench (~20 Ma) at the latitude of California and that the tear propagated laterally toward the SSE into Mexico. Propagation to the north was prevented by the E-W trending Mendocino fracture zone (MFZ). The slab to the north of the MFZ, which is over 25 m.y. older, is much stronger than to the south, so the rupture rather propagates almost orthogonal to the MFZ paralleling the active trench. Lateral propagation of detachment appears to be a self-sustained process which may be accompanied by second order phenomena like localized delamination of continental lithosphere. The detachment produces a large, trench-parallel, slab window through which the asthenosphere is welling up to the base of the upper plate. Several magmatic and tectonic episodes of southwestern North America may be related to the propagation of the leading edge of the slab free area shown by our model. In the southwestern United States and Sonora it may be associated to the large magnitude extension responsible for the formation of the metamorphic core complexes in Early Miocene. Toward the south, where subduction was still active, it likely produced the ~24-19 Ma ignimbrite flare up of the southern Sierra Madre Occidental (Ferrari et al., 2002). In central Mexico the propagation of the detachment has been linked to a short (2-3 m.y.), eastward-migrating pulse of mafic volcanism that took place from ca. 11.5 to ca. 5 Ma to the North of the present Trans-Mexican Volcanic Belt (Ferrari, 2004).

SE05-3

### GEOCHEMISTRY OF THERMAL SPRINGS ALONG THE MEXICAN PACIFIC COAST AND THE VOLATILE TRANSPORT FROM THE SUBDUCTING SLAB AT THE FOREARC ZONE

Taran Yuri<sup>1</sup>, Inguaggiato Salvo<sup>2</sup>, Ramírez Guzmán Alejandro<sup>3</sup>,  
Bernard Romero Rubén<sup>1</sup>, Mazot Agnes<sup>1</sup> y Peiffer Loic<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Palermo, Italia*

<sup>3</sup>*Universidad Autónoma de Guerrero*

taran@geofisica.unam.mx

We report here the chemical and isotopic compositions of gases and waters for 22 groups of hot and warm springs in a 30 km-wide zone along the Mexican Pacific coast from 16°N (~ Salina Cruz) to 21°N (~ Punta Mita). Most of the springs discharge diluted waters with temperatures of 38-45°C, with a N<sub>2</sub>-rich bubbling gas and 3He/4He ratios of 0.16 to 4.5Ra, where Ra is the atmospheric ratio of 1.4x10<sup>-6</sup>. Several springs are characterized by a high CH<sub>4</sub> content (10 vol % to 75 vol%) with a thermogenic CH<sub>4</sub> (-25‰ < #13C < -45‰). Same springs have also positive #15N (up to +5‰ in the Rio Purificacion and El Salitre hot springs). The highest 3He/4He were measured in hot springs within Colima Graben (El Salitre, 2.4Ra) and close to the Puerto Vallarta fault zone (El Tuito, 2.9Ra, Desembocada, 4.5Ra). Elevated 3He/4He ratios

were measured in the springs of the Michoacan coast (1.9-2.3Ra). The lowest  $3\text{He}/4\text{He}$  ratios are characteristic for the Guerrero and Oaxaca coastal springs (0.16-0.3Ra). It follows from our data that the southern part of the studied zone does not demonstrate either a connection with the deep slab-crust interface or a presence of a degassing accretion material. To the north of Guerrero along the coast, the elevated  $3\text{He}/4\text{He}$  may indicate some contribution of He from the mantle wedge through deep faults. The indubitable presence and degassing of the accretion material show three groups of springs north of the border between Michoacan and Colima (between Rivera and Cocos plates) along the coast: El Salitre, Purificacion and Punta Mita. These springs discharge high salinity waters (14 g/l of Cl in El Salitre springs) with  $\delta^{15}\text{N} \sim +5\text{‰}$  and variable amount of  $\text{CH}_4$  and hydrocarbons. Their  $\delta\text{D}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  are shifted from meteoric water to seawater values.

This work was supported by a grant from PAPIIT # IN101706.

SE05-4

**SEISMIC REFLECTION IMAGING OF SLOPE INSTABILITIES AND STRIKE-SLIP TECTONISM IN THE OFFSHORE PORTION OF THE SOUTHERN JALISCO SUBDUCTION ZONE: EVIDENCE FOR SEAMOUNT COLLISION, SUBDUCTION EROSION AND FOREARC SLIVERING**

Bandy William L.<sup>1</sup>, Mortera Gutiérrez Carlos A.<sup>1</sup> y Ortega Ramírez José<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Instituto Nacional de Antropología e Historia*

bandy@geofisica.unam.mx

The oblique convergence of the Rivera plate with respect to the North American plate along the Jalisco subduction zone should, in the absence of a buttress, produce a forearc sliver; the sliver moving NW relative to the North American Plate. Recent seismic reflection investigations [e.g., Bandy et al. *Tectonophysics*, v. 398, 2005] have yielded evidence, in the southernmost part of the Jalisco subduction Zone off Manzanillo, for a broad zone (the Bourgeois fault zone) of recent strike slip tectonism within the upper continental slope region. These studies have also evidenced the occurrence of tectonic erosion and associated subsidence. To investigate the NW extent of this strike-slip tectonism and subsidence, 50 high-resolution, seismic reflection, profiles were collected during the MORTIC07 Campaign of the B/O EL PUMA (January-February, 2008), between Manzanillo and the area just north of Chamela. The SIMRAD TOPAS system was employed. Funds for this campaign were graciously provided by CONACyT and UNAM (IGF, DGAPA and CABO) (100% Mexicano). A preliminary analysis of these newly collected data indicates that the strike-slip tectonism noted previously off Manzanillo extends northwestward along the offshore part of the Jalisco Subduction zone to at least the NW limit of the newly surveyed area. Thus, this tectonism is a regional process, consistent with it being the result of the oblique convergence between the Rivera and North American plate as previously proposed. The analysis also suggests that the extensive deformation off Manzanillo may be related to the collision and subduction of seamounts/bathymetric highs and the resulting subduction erosion.

SE05-5

**LIGHT ELEMENT ABUNDANCE AND ISOTOPIC CONSTRAINTS ON SLAB/MANTLE AND CRUSTAL INFLUENCES IN LAVAS OF THE TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT**

Ryan Jeffrey<sup>1</sup>, Savov Ivan<sup>2</sup>, Shirey Steven<sup>3</sup> y Grose Christopher<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Department of Geology, University of South Florida*

<sup>2</sup>*School of Earth and Environment, Leeds University*

<sup>3</sup>*Department of Terrestrial Magnetism, CIW*

ryan@shell.cas.usf.edu

While boron and lithium are enriched in the sediments and altered ocean crustal rocks reaching trenches, their abundance and isotopic signatures in continental arcs can reflect diverse source and process effects. In the Trans-Mexican volcanic belt (TMVB), regular variation in the age and subduction velocity of the downgoing plate allow us to address changes in Li and B signatures related to slab-mantle exchanges. As well relatively hot slab conditions in the western TMVB may serve to minimize H<sub>2</sub>O-mediated slab inputs, permitting the study of mantle and crustal contributions to the Li and B signatures of erupted lavas.

B contents and B/Be ratios are low (<10 ppm; B/Be < 10) in mafic TMVB lavas, while evolved lavas reach values # 50 ppm, indicating B-rich crustal inputs (i.e., Hochstaedter et al, 1996). Mean B/Be appears to increase from west to east across the arc, reaching values of 20 or higher in lavas from Pico de Orizaba. Elevated Be contents and Be/Zr ratios are observed in some western TMVB centers (Mascota, Volcan San Juan) and may indicate the presence of enriched horizons in the western TMVB mantle.

#11B in western TMVB lavas are surprisingly high, with values up to +10.6 ‰ in some Colima Graben minettes, but much lower values in calc-alkaline Colima lavas. This heavy #11B signature may reflect relict slab B remobilized during extension in the western arc. Evolved lavas have markedly lower #11B (-1.6 to -9.9‰), indicating that high B crustal rocks can have very low #11B signatures, so crustal assimilation can result in lowered #11B. All TMVB lavas thus far examined seem to reflect mixing between high #11B alkaline lava (old slab?) and low #11B crustal end-members.

In contrast, Li and #7Li appear insensitive to present or past slab influences in the TMVB. Li contents are similar in mafic lavas from across the arc, and while Li/Yb ratios are elevated in western TMVB centers, this appears to reflect Yb depletions due to residual amphibole ± garnet during melting. #7Li in the western TMVB, at +3 to +5‰, is similar to arcs globally (i.e., Tomascak et al 2002) as well as to MORBs and OIBs. As western TMVB lavas show global #7Li values, it is likely that active convection and replenishment of mantle wedge sources continues, despite slowing convergence. Evolved TMVB lavas move to somewhat lower #7Li, reaching values similar to those measured in entrained crustal xenoliths, and approaching average crustal #7Li at 0‰ (Teng et al 2005).

SE05-6

**2D NUMERICAL MODELS OF RIDGE-TRENCH COLLISION: IMPLICATIONS FOR SLAB DETACHMENT BENEATH BAJA CALIFORNIA**

Burkett Erin y Billen Magali  
*University of California, Davis*  
 burkett@geology.ucdavis.edu

The approach of a buoyant spreading ridge to a subduction zone is a scenario that may lead to detachment of a subducted slab. Previous work has called upon the detachment process as a possible explanation for observed ridge abandonment and slab-window related magmatism in Baja CA/western Mexico, but such a scenario has not previously been tested using fully-dynamic numerical models. We use two-dimensional fully-dynamic models of ridge approach to a subduction zone to explore the dependence of detachment and resultant surface effects on subducted slab length, ridge-trench distance, spreading rate, and lithospheric yield strength. We find that our models, which include non-Newtonian rheology, demonstrate the following dynamics of ridge approach: (a) a decrease in subduction velocity as the ridge approaches the trench, (b) a shrinking surface plate that maintains a uniform subduction velocity, (c) rapid slab detachment at depths ranging from 55-95 km depth depending on the slab age (7-12 My) and (d) ridge abandonment distances of 125-225 km from the trench, and slab gap distances of 200-270 km from the trench. Slab gap distance is used as a proxy for the distance to a possible slab-window related magmatism. These results are consistent with observations in Baja CA, where detachment of the Cocos slab may explain abandonment of observed segments of the East Pacific Rise 50-200 km outboard of the trench and the presence of a non-arc magmatic pulse 100-250 km inboard of the trench, with geochemical signatures separate from that associated with the normal subduction history for the Farallon plate.

SE05-7

**SUBDUCTING SLAB TIME-SPACE VARIATION AND ITS RELATIONSHIP WITH VOLCANISM IN SOUTHERN MEXICO**

Manea Vlad Constantin y Manea Marina  
*Centro de Geociencias, UNAM*  
 vlad@geociencias.unam.mx

One of the key parameters for understanding the position through time of a subducting slab is the spatial variation through time of volcanic arcs. Using the distribution of dated rocks for Central and Southern México (Chiapas), we propose the evolution of the subducting slab as following: between 25 and 17 Ma ago, the volcanic arc formed an approximately continuous belt in Central México, Chiapas and Guatemala. Then, between 17 and 12 Ma ago, the Central Mexican Volcanic Belt (CMVB) moved inland, suggesting that the subducting slab become subhorizontal. To the south, the rest of the volcanic arc remained parallel with MAT, probable due to a steep slab. Later, between 12 and 7 Ma, the flattening process of the Cocos slab continued further SE, while the Central America Volcanic Arc (CAVA) retreated SE. Between 7 and 3 Ma ago, the CAVA continued to retreat SE and the volcanic activity close to the Chiapas coast ceased completely. The Tuxtla Volcanic Front (TVF) was born during this time period. The last episode of this scenario took place between 3 and 0

Ma, and is represented by the onset of the Modern Chiapanecan Volcanic Arc (MCVA).

Since the slab dip, age, and convergence rate of the Cocos slab beneath the CAVA in Guatemala are similar to those beneath Chiapas, why are the two active volcanic arcs so different? To answer this question we perform a 4D geodynamic model using the UNAM supercomputer KanBalam. Modeling results show that the onset of the flat-slab northwest of the TR, in Central México, would have produced a strong mantle-wedge inflow in the neighboring region to the SE. This intake would have migrated over time, creating the non-trench parallel MCVA. The isotopic ages of the MCVA decrease from NW to SE, suggesting that the arc was propagating through time from NW to SE.

SE05-8 CARTEL

**PETROLOGIC EVOLUTION THE EASTERN TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT: EVIDENCE FOR A ROLLBACK-INDUCED DELAMINATION OF MANTLE LITHOSPHERE?**

Orozco Esquivel Teresa y Ferrari Luca  
*Centro de Geociencias, UNAM*  
 torozco@geociencias.unam.mx

The Late Miocene to Quaternary petrologic evolution of a wide region located to the north of the active front of the eastern Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) has been reconstructed using a large collection of samples. These samples are well located into a geochronologically controlled stratigraphy based on about 60 high precision ages obtained in the past few years. The region run from the Pachuca-Tulancingo area (Hidalgo state) in the south to the Huejutla- Sierra de Tantima area (northern Veracruz state), and is centered along the trace of the Middle America Subduction Experiment (MASE). In this region volcanic activity shows a progressive trenchward migration at an apparent rate of ~20 km/m.y., which is interpreted to reflect the rollback of the subducting plate after the detachment of the lower part of the slab at ~7.5 Ma. The first and northernmost volcanic episode consists of alkaline, OIB-like basalts with ages between ~7.5 and ~4 Ma. The oldest lavas, emplaced at greater distance from trench, show geochemical evidence that indicates an origin in the lithospheric mantle; this signature weakens with time while crustal contribution is increasingly identifiable. Toward the end of this episode, at ~4.4 Ma, a massive regional rhyolitic ignimbrite and large peraluminous rhyolite dome erupted. These rocks represent the product of fractional crystallization of magmas similar to those emplaced in the previous episode with some degree of crustal assimilation. This episode is followed by a mid Pliocene (~3.8-2.4 Ma) succession of mafic to intermediate, mainly shoshonitic, lavas intercalated in a fluvio-lacustrine succession (Atotonilco Fm.). Lavas appear slightly modified by subduction components and are locally covered by late Pliocene (2.14 Ma), riebeckite-bearing peralkaline rhyolite lavas and Quaternary intraplate basalts (1.6-1.3 Ma). The isotopic and elemental composition of the mid Pliocene to Quaternary lavas indicate that crustal assimilation/melting played an important role in their genesis, whereas contribution of subducted components was negligible.

The late Miocene mafic volcanism is related to the detachment of the lower part of the subducting slab, now confirmed by seismic tomography along the MASE transect. Trenchward migration of volcanism and geodynamic modeling indicate that, after detachment, the subducting plate started to increase its dip because of the loss of slab pull. This caused convection of asthenosphere into the mantle wedge that thermally weakened

the mantle lithosphere and eventually delaminate it, as presently observed in the MASE results. We speculate that by the end of Pliocene the mantle lithosphere was already almost completely removed and the convective mantle arrived in contact to the base of the crust, being able to produce crustal melting and/or high assimilation.

SE05-9 CARTEL

### **LA ZONA DE WADATI-BENIOFF EN JALISCO, COLIMA Y MICHOACÁN. RESULTADOS DEL PROYECTO MARS**

Guzmán Marco

*Centro de Geociencias, UNAM*

marco@dragon.geociencias.unam.mx

Para el proyecto MARS (MAPPING the Rivera Subduction), llevado a cabo de enero de 2006 a junio de 2007, se instalaron 47 sismógrafos de banda ancha en Jalisco, Colima y Michoacán. Resultados previos de tomografía sísmica muestran una placa Rivera en subducción hasta los 400 km de profundidad.

La localización de 3906 sismos nos ha permitido definir la zona de Wadati-Benioff, tanto para la placa Rivera como para la porción de la placa de Cocos subducida bajo Michoacán. En las secciones sísmicas correspondientes a la placa Rivera, se delinea claramente un segmento subducido que aumenta gradualmente de profundidad al alejarse de la trinchera mesoamericana. La placa de Rivera subducida toma entonces una forma contorsionada.

La sismicidad delinea bien la separación entre las placas de Cocos y Rivera en subducción. Es clara la existencia de una discontinuidad a profundidades entre 30 y 90 km.

SE05-10 CARTEL

### **ANOMALIAS MAGNETICAS EN LA PLACA DE RIVERA, AL NORTE DE LA INTERSECCION ENTRE LA TRINCHERA MAT Y LA DORSAL EPR, FRENTE A COLIMA**

Peláez Gaviria Juan Ramón<sup>1</sup>, Mortera Gutiérrez Carlos A.<sup>2</sup>, Bandy William L.<sup>2</sup> y Michaud François<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>UMR Géosciences Azur, UPMC

jpelaezg@geofisica.unam.mx

El límite entre las placas de Rivera, Cocos, Pacífico y Norte América, ha estado influenciado por la evolución del segmento Pacífico-Cocos (PCS), de la dorsal "East Pacific Rise" (EPR). Varios estudios difieren en la evolución reciente de este segmento en relación al límite sur de la Placa Rivera. Esta discusión se ha mantenido vigente debido a la poca resolución espacial de las anomalías magnéticas y de la batimetría multihaz en la región, sumado a la alta complejidad del relieve oceánico y sus anomalías magnéticas. Para entender la compleja tectónica del área, se llevo a cabo un minucioso mapeo de las anomalías magnéticas en dos campañas oceanográficas (MARTIC-04 y MARTIC-05) con el B/O EL PUMA en 2004 y 2006; en las cuales se obtuvieron datos magnéticos de alta resolución espacial complementados con la batimetría multihaz del relieve del piso oceánico. Los datos magnéticos son corregidos por los efectos de las variaciones diurnas del campo geomagnético y por el rumbo del buque, y

reducidos a valores de la anomalía magnética de la corteza oceánica. La revisión del nuevo mapa de anomalías magnéticas en relación con la nueva compilación de batimetría multihaz aporta una nueva explicación para la evolución del segmento EPR-PCS desde los 3 Ma, como un propagador que avanzó y retrocedió en interacción con la Transformada de Rivera, afectando el límite entre las placas Rivera y Cocos frente a la zona de subducción de Jalisco y Colima.

Sesión Especial

# **Riesgos geológicos e hidrometeorológicos**

Organizadores:

David Novelo

Víctor Magaña

SE06-1

## GEOLOGÍA ACTIVA EN EL ESTADO DE CHIAPAS: JUAN DE GRIJALVA UN EJEMPLO DE LOS 299 CASOS REPORTADOS EN CHIAPAS

Mora Juan Carlos<sup>1</sup>, Hernández Madrigal Víctor Manuel<sup>2</sup>,  
Garduño Monroy Víctor Hugo<sup>2</sup>, Sol López Lizeth<sup>3</sup>, Nataly  
Haidt<sup>4</sup>, Díaz Héctor<sup>4</sup>, Garciadiego Ana<sup>5</sup>, Sánchez  
Edmundo<sup>6</sup>, Jaimes María del Carmen<sup>6</sup> y Carrera Mariela<sup>6</sup>

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

<sup>2</sup>Departamento de Geología y Mineralogía, UMSNH

<sup>3</sup>Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología

<sup>4</sup>Universidad de Guerrero

<sup>5</sup>Servicio Geológico Mexicano

<sup>6</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

jcmorageofisica.unam.mx

Definimos como geología activa a todas las manifestaciones actuales de los fenómenos geológicos, estos son una expresión de la dinámica tanto interna como externa de la Tierra. La dinámica interna en el estado de Chiapas es evidente con la interacción de las placas tectónicas de Norteamérica, Del Caribe y Cocos con una intensa actividad sísmica y volcánica, la cual se ha manifestado en el pasado y en el presente dando origen al paisaje actual. La dinámica externa es la interacción entre el hombre y los diferentes componentes de nuestro sistema Tierra, atmósfera, biosfera, hidrósfera y litósfera, la cual va originando un lento o rápido cambio en el paisaje y en su relieve. Los agentes que influyen en el modelado de la superficie terrestre son de tipo Geológico, Atmosférico, Biológico y Antrópico.

La conjunción de estos agentes son los que han provocado gran parte de los problemas registrados en el estado de Chiapas, y principalmente nos referiremos a los movimientos de tierras, entre los cuales se encuentran:

- las estructuras geológicas como planos de fallas, fracturas, inclinación de los estratos >35° respecto a la horizontal
- las secuencias estratigráficas con la intercalación de estratos compactos y densos, con estratos poco compactos y fácilmente erosionables
- la presencia de depósitos sin compactación de origen volcánico y/o de erosión en laderas paralelas a estratos con inclinaciones >35°.
- zonas de escurrimientos de agua que funcionan como planos (>35° de inclinación) de deslizamientos producto del cambio de permeabilidad entre los materiales más superficiales y las rocas que los subyacen
- inestabilidad de los materiales originada por procesos vibratorios productos de eventos sísmicos o por el funcionamiento de equipo o maquinaria.
- actividad volcánica, con la generación de depósitos recientes fácilmente erosionables
- deforestación descontrolada
- inestabilidad de laderas provocadas por la realización de diferentes obras ingenieriles en beneficio de la sociedad
- saturación de agua por eventos meteorológicos extraordinarios

En los periodos de octubre-noviembre del 2007 y en abril 2008 se conjuntaron todos estos factores y provocaron 299 reportes de movimientos de tierra e inundaciones en el estado de Chiapas.

En el presente trabajo se reportan los movimientos de tierra del tipo de deslizamientos, derrumbes, hundimientos y flujos de lodo y de detritos reportados en el estado.

SE06-2

## EL DESLIZAMIENTO DEL 4 DE NOVIEMBRE DE 2007 EN LA COMUNIDAD JUAN DE GRIJALVA, MUNICIPIO DE OSTUACÁN, CHIAPAS, Y SU RELACIÓN CON EL FRENTE FRIO NO. 4

Domínguez Morales Leobardo

Centro Nacional de Prevención de Desastres

ldm@cenapred.unam.mx

Uno de los fenómenos geológicos más temidos por la población y que acontecen ante la presencia de lluvias intensas y prolongadas son los deslizamientos de laderas, especialmente cuando estos fenómenos ocurren en o cerca de centros de población, vías de comunicación o en obras de infraestructura. Mundialmente, los deslizamientos de laderas han cobrado miles de vidas humanas y han generado daños materiales cuantiosos. Ocurren en formas diversas y con volúmenes variados, desde pequeños deslizamientos o desprendimientos de suelos y rocas hasta grandes desplazamientos de tierra de varios miles o millones de metros cúbicos. Los más catastróficos son aquellos que ocurren de manera súbita, en ocasiones sin importar el volumen, ya que no dan tiempo a la población para escapar o resguardarse en lugares seguros.

El deslizamiento ocurrido el pasado 4 de noviembre de 2007 a las 20:32 horas, aproximadamente, en una ladera adena al poblado Juan de Grijalva, municipio de Ostucán, Chiapas, fue gigantesco, con un volumen de materiales deslizados de poco más de 50 millones de metros cúbicos que obstruyeron, de manera casi inmediata, el cauce del río Grijalva en un tramo de 800 m. En este tramo el meandro tenía un ancho de cauce de entre 200 y 280 m, aproximadamente. El deslizamiento, que ha sido catalogado como uno de los más grandes que han ocurrido en México y en el mundo, originó una ola destructiva de poco más de 50 metros de altura que devastó varias viviendas y una iglesia de la localidad de Juan de Grijalva, la cual se ubicaba aguas arriba de la zona de falla sobre la margen derecha del río. Otras viviendas cercanas, también ubicadas aguas arriba del deslizamiento pero en la margen izquierda del río, igualmente fueron alcanzadas y destruidas por la ola. De acuerdo con informaciones oficiales, el saldo de este acontecimiento fue de 19 personas fallecidas y 6 desaparecidas.

El deslizamiento de Juan de Grijalva ocurrió pocos días después de las lluvias, debidas al Frente Frío No. 4, que afectaron a varias localidades de Tabasco y Chiapas. En Tabasco, las lluvias originaron graves inundaciones en todo el territorio, aunque las mayores precipitaciones registradas ocurrieron en la cuenca del "Alto Grijalva", en el estado de Chiapas, donde se ubica un sistema de presas generadoras de energía eléctrica que además permiten captar y regular el gasto que fluye por el río Grijalva. De acuerdo con información técnica y documental sobre las lluvias registradas en el mes de octubre, se ha establecido que las inundaciones de Tabasco y el deslizamiento en Chiapas no se deben exclusivamente a la presencia del frente frío No. 4. Si no más bien a la acción de una serie de eventos concatenados que dieron como resultado una alta concentración de lluvias y



una saturación del terreno desde la segunda semana de octubre. Cabe destacar que el deslizamiento en el alto Grijalva ocurrió 5 días después de las lluvias máximas registradas en la estación Ocoatepec, en el estado de Chiapas, que es la estación más cercana al deslizamiento.

SE06-3

### DEFORMACION GRAVITACIONAL PROFUNDA DE LADERA: “CUANDO LAS MONTAÑAS SE MUEVEN”

Hernández Madrigal Víctor Manuel<sup>1</sup>, Garduño Monroy Víctor Hugo<sup>1</sup> y Mora Juan Carlos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH*

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

vmhernan@zeus.umich.mx

La inestabilidad de laderas es uno de los fenómenos naturales cuya transformación en peligro geológico ha sido cada vez más significativo; debido esencialmente, al crecimiento desordenado de las manchas urbanas que se auto vulneran al ocupar cuerpos de laderas potencialmente inestables. En la última década, en México, el estudio de este fenómeno ha tomado una gran relevancia; sin embargo, los esfuerzos han sido enfocados principalmente a inestabilidades superficiales y subsuperficiales, dejando de lado las deformaciones gravitacionales profundas de ladera (DGPL). Las DGPL, sackung o flujos de roca, presentan una deformación plástica y continua (creep) que ocurre a gran profundidad; y que en superficie se manifiesta con un movimiento lento ladera abajo, casi imperceptible, con o sin desarrollo de superficies de cortante; razón por la cual son considerados, erróneamente, como desplazamientos de baja peligrosidad. Sin embargo, bajo el efecto de factores detonantes como sismos y precipitaciones abundantes, las DGPL pueden transformarse repentinamente en deslizamientos gigantes, dando origen a la expresión “cuando las montañas se mueven”; posteriormente, bajo condiciones específicas de relieve, saturación y fracturamiento de la masa en movimiento, el deslizamiento puede transformarse en una avalancha de rocas, con consecuencias aun más severas en poblaciones cercanas. Con base en elementos morfológicos característicos del fenómeno, distinguibles en fotografías aéreas, imágenes de satélite y mapas topográficos; en este trabajo mostramos los avances logrados en la cartografía de este tipo de inestabilidad, en relieves abruptos de la Cuenca de Tepalcatepec (Mich), y Sierra del Norte de Chiapas. Contribuyendo con ello al estudio y caracterización del fenómeno, y en consecuencia a la mitigación y prevención de desastres como el ocurrido recientemente en el poblado de San Juan Grijalva, Chiapas.

SE06-4

### DESPLAZAMIENTO SAN JUAN GRIJALVA: EJEMPLO DE “CUANDO LAS MONTAÑAS SE MUEVEN”, EVOLUCIÓN Y CLASIFICACIÓN

Hernández Madrigal Víctor Manuel<sup>1</sup>, Mora Juan Carlos<sup>2</sup> y Garduño Monroy Víctor Hugo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH*

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

vmhernan@zeus.umich.mx

El 4 de noviembre del 2007 en el poblado de San Juan Grijalva, municipio de Ostuacán, Chiapas; ocurrió un gran deslizamiento con un volumen de mas de 37 millones de metros cúbicos (0.037km<sup>3</sup>), compuesto de bloques de conglomerados, lutitas, areniscas y depósitos lateríticos; por lo que constituye el más grande cuerpo inestable de tipo traslacional registrado en la historia de México, un ejemplo claro de “cuando las montañas se mueven”. Las inundaciones por olas (tsunamis) de hasta 15m de altura, formadas por la masa en movimiento al caer sobre el río Grijalva, y la inundación aguas arriba a consecuencia del dique o “tapón”, formado por el depósito; fueron la causa principal de que 16 personas fallecieran, y de que cerca de 3,500 mas fueran evacuadas de 23 poblaciones asentadas en el margen del río, entre el deslizamiento y la presa Malpaso. Con base en información cartográfica previa y posterior a la inestabilidad, observaciones y mediciones en campo; hemos identificado un conjunto de deslizamientos previos y posteriores al movimiento traslacional principal, que nos han permitido clasificar a esta inestabilidad como un “Gran deslizamiento traslacional de bloques de rocas / compuesto”. En este trabajo mostramos además, las características geológicas, morfológicas y morfológicas de este gran colapso de ladera, así como un modelo de desplazamiento que nos permite establecer la discusión sobre los factores condicionantes y detonantes.

SE06-5

### EVOLUCIÓN DEL FRENTE ACTIVO DEL DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD DE PAHUATLÁN Y LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO QUE ESTE REPRESENTA A LA POBLACIÓN

Castillo Román José y Nolasco Valencia J. Vicente

*Centro Universitario para la Prevención de Desastres, BUAP*

jcroman@riesgosgeologicos.ws

La comunidad de Pahuatlán se asienta desde su fundación en una zona de deslizamientos, mismos que han ocurrido frecuentemente a lo largo de los siglos. Sin embargo, el incremento de la población, infraestructura, equipamiento urbano y actividades diversas realizadas sin considerar estudios de ingeniería geológica, han propiciado un evidente proceso de aceleración de deslizamientos dentro del municipio y como consecuencia un incremento en la generación de riesgos.

Este proceso de deterioro se ha acentuado en las últimas décadas, pero muy especialmente en los últimos dos años. En este trabajo se recopiló una serie de evidencias que nos permitió elaborar una secuencia cronológica de la evolución del frente activo del deslizamiento, entre los años de 1947 y 2007. Además con base en los estudios geofísicos y topográficos se hizo una prospectiva de la dinámica destructiva del fenómeno en los próximos años, así como una primera aproximación del riesgo

que representa para la población. Actualmente varias decenas de edificaciones se encuentran deshabitadas por estar en riesgo inminente de colapso.

También en este trabajo enfatizamos la participación activa de la población a través del comité "Deslizamiento calle 5 de mayo" como medio de presión ante las autoridades municipales, estatales y federales, sobre el riesgo que representa el fenómeno para la población.

SE06-6

### **CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DEL SUBSUELO Y PROGRAMA DE ESTABILIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO ACTIVO DE PAHUATLÁN DE VALLE, PUEBLA**

Castillo Román José, López Salvador Juan, Hernández Juárez Dennise y Nolasco Valencia J. Vicente

*Centro Universitario para la Prevención de Desastres, BUAP*

[jcroman@riesgosgeologicos.ws](mailto:jcroman@riesgosgeologicos.ws)

Pahuatlán de Valle se localiza en la sierra norte del estado de Puebla y a partir del año 2005, el frente activo de un deslizamiento alcanzó a impactar la calle 5 de mayo de dicha población. Por tal motivo, el Centro Universitario para la Prevención de Desastres de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla a solicitud de la Secretaría de Gobernación del Estado, realizó un estudio de prospección geoelectrónica que consistió de 50 sondeos eléctricos verticales (SEV), distribuidos principalmente en la zona del frente activo y en su área de influencia. El objetivo principal de este estudio fue definir las características geológicas y geohidrológicas del subsuelo, así como también inferir la posible expansión del frente activo hacia el área urbana de la cabecera municipal.

Los resultados del estudio geoelectrónico establecen, que el material inestable que forman el frente activo; corresponde a materiales granulares intercalados con materiales arcillo limosos muy saturados, los cuales son depósitos de antiguos deslizamientos ocurridos en la zona. Todos estos depósitos descansan sobre un basamento de lutitas muy fracturadas. Se determinó, también que la dirección de propagación del deslizamiento sigue una tendencia NE-SW, amenazando la plaza principal del pueblo. Como parte de un programa de estabilización de la ladera, se propuso; drenar el cerro, actualizar el sistema de drenaje y alcantarillado, desviar los escurrimientos superficiales que inciden en la zona del frente activo, anclar y monitorear la ladera. También se propuso un programa de concientización social de todas las personas que se localizan en las zonas críticas con la finalidad de cambiar el uso del suelo en la zona afectada por el frente activo del deslizamiento.

SE06-7

### **PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA MITIGAR EL IMPACTO GENERADO POR INESTABILIDAD DE LADERAS: TLATLAUQUITEPEC, SIERRA NORTE DE PUEBLA**

Borja Baeza Roberto Carlos

*Instituto de Geografía*

[rcborja23@hotmail.com](mailto:rcborja23@hotmail.com)

Históricamente, los procesos de remoción en masa (PRM) han tenido un impacto en gran parte del territorio mexicano, resultado de la interacción de diversos factores, principalmente

las características geológicas y geomorfológicas, el régimen de precipitación, particularmente fenómenos meteorológicos extraordinarios y la actividad antrópica. Dicho impacto es mayor en las zonas montañosas, tal es el caso de la Sierra Norte de Puebla, donde como resultado de precipitaciones extraordinarias en octubre de 1999, ocurrieron cientos de procesos de ladera, que afectaron aspectos económicos, estructurales, ambientales y ocasionaron decenas de pérdidas humanas.

En México, aún son insuficientes los trabajos destinados a prevenir o mitigar el impacto de los procesos de ladera. No obstante, se han realizado algunas investigaciones en torno a la inestabilidad de laderas, a diferentes escalas, principalmente enfocadas a la cartografía de amenaza por PRM. Entre las técnicas más utilizadas cabe mencionar la sobreposición de capas de información de los distintos parámetros que intervienen en la inestabilidad de laderas. Estos últimos varían dependiendo de la percepción del investigador o bien a la información disponible. Sin embargo, la tendencia de este enfoque implica establecer grados de influencia similares para todos los factores, sin considerar las particularidades del escenario en el que se realiza la investigación.

En este trabajo se generó un mapa de susceptibilidad a PRM del municipio de Tlatlauquitepec (Sierra Norte de Puebla), el cual es frecuentemente afectado por estos procesos. Dicho mapa se elaboró a partir de la aplicación de un análisis multicriterio, e involucró la definición del peso específico de cada uno de los parámetros que inciden en la estabilidad regional. Posteriormente se efectuó la validación de resultados considerando un índice de recurrencia, el cual fue desarrollado en función de la información de un inventario de PRM del área de estudio. Paralelamente, se estimó la vulnerabilidad regional por localidades para obtener el mapa de riesgo por inestabilidad de laderas.

Con información de la precipitación, infiltración y propiedades geomecánicas, se estimaron los umbrales de precipitación, dentro de los cuales se incrementa la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos para establecer las condiciones bajo las cuales emitir una alerta temprana ante inestabilidad del terreno, lo anterior aplicado a una localidad piloto del municipio en estudio. Finalmente, se diseñó un organigrama de responsabilidades que incluya a todos los actores sociales implicados.

SE06-8

### **RIESGO POR INUNDACIONES EN EL SECTOR SUR DEL MUNICIPIO DE GUADALAJARA**

Suárez Plascencia Carlos<sup>1</sup>, Guillen Patiño Karen Chantal<sup>1</sup> y Núñez Cornú Francisco J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Geografía y Ordenación Territorial, Universidad de Guadalajara*

<sup>2</sup>*SISVOC, Universidad de Guadalajara*

[csuarez@cencar.udg.mx](mailto:csuarez@cencar.udg.mx)

Las inundaciones se encuentran dentro de la clasificación de fenómenos hidrometeorológicos y que su origen se relaciona por la deficiente ocupación del territorio, por procesos climáticos, deforestación en las secciones altas y medias cuencas. Esta problemática es favorecida por el aumento del coeficiente del escurrimiento debido a la pavimentación, lo que reduce la capacidad de desalojo de los sistemas de colectores de drenaje pluvial.

Geomorfológicamente la zona sur del municipio de Guadalajara, muestra dos tipos de geoformas, estructuras

volcánicas conocidas como el cerro Del Cuatro, Santa María y El Tesoro, así como una planicie conocida como El Deán. Sobre estas el proceso de urbanización se ha manifestado de forma acentuada desde hace 30 años, ocupando las laderas volcánicas y el "valle" sin una planeación adecuada. Las consecuencias del crecimiento de la "Zona 7 Cruz del Sur" es que en cada temporal de lluvias, se presentan importantes escurrimientos y remoción de detritos originados en las partes topográficas altas, y que afectan las partes bajas inundando con tirantes de agua de hasta 1.20 m las colonias populares y la zona industrial de Guadalajara. El trabajo presenta la identificación y análisis de los factores que inciden en el riesgo por inundaciones, además de determinar la vulnerabilidad de la población y actividades económicas expuestas al fenómeno con base en el análisis de las bases de datos socioeconómicos del INEGI. Para determinar el peligro a inundaciones utilizamos el SIG, donde interaccionamos métodos geomorfológicos, morfométricos, hidrología y reconstrucción de la alteración del relieve a partir del crecimiento urbano en el área, para lo que se utilizaron fotografías aéreas con tomas de 1940 al 2007.

SE06-9

### ANÁLISIS DEL RIESGO POR INUNDACIONES COMO CONSECUENCIA DEL DESBORDAMIENTO DEL RÍO YAUTEPEC, MORELOS, MÉXICO

Zúñiga Tovar Angel Emmanuel<sup>1</sup> y Novelo Casanova David A.<sup>2</sup>

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

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

geo\_graphos@hotmail.com

La problemática del riesgo por inundaciones de la población cercana al río Yautepec, estado de Morelos, México, responde a la necesidad de entender al riesgo como un proceso físico y social. En este caso la dinámica natural del río ha sido modificada debido a la manifestación de las actividades socioeconómicas de la zona dando origen a su desbordamiento en diferentes periodos y con impactos diferenciados sobre la población.

Los resultados del presente estudio permiten reconocer los patrones generadores del riesgo por medio del análisis integrado del grado de vulnerabilidad socioeconómica y percepción del riesgo de la población. Se utilizó la metodología desarrollada por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) la cual fue aplicada a 282 viviendas estadísticamente representativas de un total de 1,057 ubicadas en 47 manzanas a lo largo del río Yautepec. La selección de estas viviendas fue realizada por medio de un cálculo de muestreo estadístico. Para el análisis de la amenaza se identificaron 12 periodos históricos de desbordamiento del río de los cuales 9 de ellos fueron determinados mediante encuestas a la población afectada y 3 de estos desbordamientos a través de los registros de las autoridades de protección civil del municipio. El análisis estadístico de precipitación y gasto máximo del río demostró que estos parámetros son altos durante el mes de septiembre durante el cual se han presentado 11 desbordamientos. En el mes de agosto se ha registrado únicamente uno de los desbordamientos registrados. Los puntos críticos de desborde fueron determinados mediante trabajo de campo y gabinete. Con este propósito, se utilizó el Manual para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y riesgos, en su capítulo de fenómenos hidrometeorológicos, elaborado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

Finalmente el riesgo por inundaciones en la población cercana al río Yautepec ha sido diferenciado por periodos no cíclicos de desborde del río y con impactos socioeconómicos determinados a partir de la dimensión espacial de fenómeno. Es decir, el desbordamiento del río responde a diversos procesos tales como:

# La falta de un plan de desarrollo urbano que haya impedido una sobrepoblación en zonas no aptas para ello, tal como en las cercanías del río. Esta situación ha invadido y modificó su cauce.

# El vertimiento de desechos sólidos que azolvan e interrumpen su dinámica natural.

En conclusión, existe un riesgo aceptable y latente en la comunidad el cual se ha desarrollado debido a los procesos sociales que han actuado como modificadores del medio natural.

SE06-10

### VULNERABILIDAD DE LOS CABOS, B.C.S. ANTE EL INCREMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

Díaz Castro Sara Cecilia<sup>1</sup>, Aragon Noriega Alberto<sup>1</sup>, Arreola Lizárraga Alfredo<sup>1</sup>, Brito Castillo Luis<sup>1</sup>, Burrola Sánchez Sara<sup>1</sup>, Carreón Palau Silvia<sup>1</sup>, González Zamorano Patricia<sup>1</sup>, Manzano Marlene<sup>1</sup>, Martínez Genaro<sup>2</sup>, Padilla Gustavo<sup>1</sup> y Urias David<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur

sdiaz04@cibnor.mx

Una de las consecuencias evidentes del calentamiento global es el incremento del nivel medio del mar NMM, debido al deshielo de glaciares y por la expansión térmica de sus aguas. El cambio en el NMM no es uniforme espacialmente ya que la tasa de incremento de 1.8 mm año<sup>-1</sup> observada en las últimas décadas, en algunas regiones puede ser incluso mayor al promedio mundial. Las implicaciones de un aumento en el NMM serán biológicas, hidrológicas, y socio-económicas; sin embargo, dependiendo de las características fisiográficas de las áreas y del uso del suelo, la magnitud de sus efectos variaran. Con la inundación de tierras bajas se crea una expansión espacial de los embalses y avance hacia las planicies de inundación, provocando una modificación espacial de los ecotonos, lo cual implicaría un impacto ecológico por el reemplazo del hábitat original y la migración de condiciones ambientales a través de series sucesionales correspondientes a ambientes con mayor influencia marina, así como el avance de la cuña salina aumenta la salinización del agua. En cuanto a las implicaciones sociales, es importante resaltar que un porcentaje considerable de la población mundial vive sobre o muy cerca de las franjas costeras por lo que resulta probable que al aumentar la población asentada en zonas vulnerables, se multipliquen los efectos negativos de un incremento en el NMM, ya que aumentarían las pérdidas materiales. La región de Los Cabos en Baja California Sur uno de los principales destinos turísticos a nivel mundial, resultó ser la segunda región más vulnerable al incremento del NMM en el Golfo de California. Esto se debió principalmente por su alta vulnerabilidad socioeconómica y en menor grado por su vulnerabilidad geofísica.

En el presente estudio se presentan las características específicas de Los Cabos que lo hacen vulnerable al incremento del NMM; diferentes escenarios de inundación y el análisis de las áreas y actividades afectadas.

SE06-11

## ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA DE INUNDACIÓN EN LA CIUDAD DE CAMPECHE, MÉXICO

Palacio Aponte Alvaro Gerardo

Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades, UASLP

gpalaciomx@gmail.com

Las inundaciones en la ciudad de Campeche, México, son cada vez más frecuentes e intensas y se asocian, principalmente, al rápido proceso de urbanización durante los últimos años. La zonificación de la amenaza de inundación en áreas costeras tropicales, se basa en la contribución neta de agua, producto de lluvias torrenciales ordinarias (época de lluvias) tormentas extraordinarias, aportes por marea de tormenta, y la susceptibilidad de las unidades del terreno para acumular o dispersar los excesos.

El modelo espacial de la amenaza de inundación se basa en dos tipos de métodos: directos e indirectos. Los directos incluyen la delimitación de unidades del terreno con homogeneidad ambiental relativa y similares regímenes de inundación. Se basan en la delimitación de las fronteras morfológicas entre las planicies costeras y kárstico-acumulativas y los lomeríos kárstico-denudativos, y la caracterización de su cobertura, según los coeficientes de escurrimiento y promedios de infiltración. Los parámetros morfométricos se derivan del Modelo Digital del Terreno y el trabajo de campo, y la clasificación no supervisada de la cobertura mediante una imagen de alta resolución Quickbird (0.60m píxel) Por otra parte, para entender el comportamiento temporal de las inundaciones, se utilizan los métodos indirectos, que analizan estadísticamente, la relación probabilística entre el registro histórico de las inundaciones y la ocurrencia pasada y futura de fenómenos hidrometeorológicos extremos. A través de la función de Gumbel, se establecen periodos de recurrencia tanto para inundaciones ordinarias (época de lluvias) como extraordinarias (huracanes), así como su relación con sus probables efectos destructivos.

Como resultados se generaron dos mapas de amenaza útiles para la planeación urbana. El primero representando el escenario espacial de las inundaciones ordinarias con periodo de retorno de 2 años y el segundo mostrando el escenario para inundaciones extraordinarias ocasionadas por perturbaciones tropicales con periodo de retorno de 85 años.

Los patrones de inundación presentan modalidades localizadas o extendidas. Los barrios históricos son en general menos susceptibles (inundaciones locales) que las zonas urbanas modernas (inundaciones extendidas), debido a la proporción relativa de superficies impermeables. En la parte antigua de la ciudad permanece la cobertura vegetal (estratos de selva baja y mediana subperennifolia) en promedio, en alrededor del 35% (0.632 ha) por manzana (1.807 ha), con permeabilidades medias y bajos coeficientes de escurrimiento; al contrario de lo que ocurre en las zonas modernas donde son prácticamente imperceptibles las zonas de permeabilidad media, predominando la cobertura de superficies con bajos o nulos promedios de permeabilidad.

Dos condiciones meteorológicas se asocian a las inundaciones. Lluvias diarias acumuladas de 100 mm cada 85 años cuando ocurren inundaciones extraordinarias asociadas a perturbaciones tropicales (tormentas tropicales y huracanes) y lluvias torrenciales de temporada con 41 mm acumulados en una hora cada 2 años. Las planicies costeras por debajo de los 3.5 msnm son susceptibles de inundarse si ocurre una sobrelevación del nivel del mar por marea de tormenta.

Bajo la estrategia actual para el manejo de inundaciones en Campeche, las condiciones de susceptibilidad del terreno son desfavorables para asimilar los efectos destructivos de las inundaciones ordinarias y extraordinarias.

SE06-12

## FENÓMENOS GEOLÓGICOS EN EL NORTE DE CHIAPAS

Jerónimo Díaz Héctor Miguel<sup>1</sup>, Mora Juan Carlos<sup>2</sup> y Hernández Madrigal Víctor Manuel<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH

hector\_diaz\_841@hotmail.com

Durante los últimos años, el estado de Chiapas a sufrido grandes problemas debido a la conjunción de diferentes fenómenos naturales, los cuales han afectado de manera importante y siguen afectando de manera importante año con año a numerosas comunidades del estado.

En este trabajo se presentan los problemas registrados en 7 comunidades de cuatro municipios del norte del estado de Chiapas:

- Municipio de Huitiupan, comunidad el Carrizal; Municipio de Francisco León; Municipio de Copainalá, comunidad de Campeche y el Municipio de Ixhuatan en la comunidad de la Asunción, el principal problema se da, son deslizamientos del tipo rotacional, con presencia de flujos de lodo, debido a la saturación de agua del terreno, ya que en su mayoría, el terreno esta compuesto de material arcilloso no consolidado, que al ser hidratado se expanden, aumentando su volumen y peso.

- Municipio de Copainalá, en la comunidad Adolfo López Mateos y el Municipio de Ixhuatan, en las comunidades del Aguacate y Cacaté se da la presencia de derrumbes de bloques, ya que se encuentran establecidos en zonas con pendientes muy pronunciadas.

- Municipio de Ixhuatan en la comunidad las palmas el problema es de origen antrópico, debido a la construcción de una carretera donde los materiales sueltos fueron depositados a un costado de la misma, los cuales al presentarse las lluvias se deslizaron hacia esta comunidad, como un flujo de lodo.

Por lo anterior este trabajo se llevo a cabo visitando directamente las comunidades para obtener las características físicas de los cuerpos activos y el grado de afectación que se pueda dar en la población, ya que si se siguen presentando las mismas condiciones, se pueden desarrollar nuevos deslizamientos, provocando problemas graves en la población.

Es necesario informar y llevar a cabo este tipo de tareas, de prevención y disminución de problemas que impacten a las comunidades, por medio de estos trabajos que ejemplifican los problemas de deslizamiento y flujos de lodos. La divulgación e información sobre riesgos por deslizamientos en estas zonas, es de importancia para conocer los principales factores internos como externos que sirvieron como detonantes, para la presencia de deslizamientos en estas áreas; donde los factores internos se agrupan al tipo de suelo y roca que conforman a la ladera, y los factores externos los componen la presencia de fuertes y prolongadas lluvias así como trabajos hechos por el hombre.

SE06-13

### PROBLEMAS DE FRACTURAMIENTO EN ALGUNOS MUNICIPIOS DEL ESTADO DE MÉXICO

Ramos Jiménez Esteban y Segura Rojas José Luis

*Dirección General de Protección Civil del Estado de México*

gemipcsi@mail.edomex.gob.mx

Durante los últimos 20 años, en algunos municipios del Estado de México (Toluca, Zumpango, Jaltenco, Nextlalpan, Tecámac, La Paz, Chalco y Cocotitlán, por mencionar algunos) se ha reportado la continua aparición de fracturas ("grietas") tanto en terrenos de uso agrícola como en terrenos de zonas urbanas. La hipótesis sobre el origen de estas fracturas es muy similar a la establecida para otras urbes del centro del país, tal es el caso de las ciudades de Querétaro, Celaya, Aguascalientes, Morelia, San Luis Potosí y Distrito Federal, en las cuales el crecimiento de la población ha ido en aumento en los últimos 25 años. Los municipios antes mencionados se ubican sobre la superficie de los ex lagos de Zumpango, Xaltocan y Chalco; aunque Toluca también se encuentra en las proximidades de la aún reducida zona lacustre de Cholula, que abarca a los municipios de San Mateo Atenco, Lerma, Ocoyoacac y Chapultepec. De los lagos anteriores, solo parte del Lago de Zumpango ha podido sobrevivir a las labores de desecación de la Cuenca del Valle de México, ya que actualmente se encuentra representado por el embalse de la presa Zumpango. Por su parte, el llamado Lago de Chalco no tuvo tanta suerte y en ese afán de desecar la Cuenca del Valle de México, se le extrajo hasta la última gota de agua, dejando un páramo seco y polvoso, aunque solo en los últimos años una parte se ha recuperado mediante la inundación de terrenos de cultivo con aguas residuales. Éste crecimiento acelerado de la población, ha propiciado la extracción desmedida y acelerada de agua del subsuelo a fin de satisfacer sus necesidades, generando con esto serios problemas geológico-ambientales tales como degradación y desertificación del suelo y por consecuencia su hundimiento diferencial y fracturamiento del terreno. Éste último fenómeno geológico ha ocasionado severos problemas tales como "rompimiento" progresivo de terrenos de cultivo, pavimento, aceras de calles, tuberías de drenaje y agua potable, así como una serie de daños estructurales en casas habitación y en algunos edificios públicos. Apegado a éste contexto, el presente trabajo expone en primera instancia las causas sobre el origen de éste fracturamiento, así como sus efectos y evolución sobre el terreno. Así mismo, se presentan aquellos estudios de evaluación técnica de campo, realizados a cabo en los últimos 6 años por personal técnico especializado, tanto del extinto Instituto de Protección Civil como de la Dirección General de Protección Civil del Estado de México. De estos estudios se han derivado una serie de recomendaciones y posibles medidas de protección hacia la población vulnerable. De la misma forma, en el presente trabajo se menciona la normatividad jurídica que conduzca a la posible prevención, mitigación y/o solución de éste tipo de riesgo geológico. En conclusión se menciona que las autoridades correspondientes deberán establecer los criterios y disposiciones legales que permitan regular el uso del suelo de estas zonas afectadas, ya que representan un riesgo latente para la población asentada en estos municipios del Estado de México.

SE06-14

### ZONIFICACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY, NUEVO LEÓN, MÉXICO

Chapa Guerrero José Rosbel

*Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL*

rchapa@fct.uanl.mx

El área metropolitana de Monterrey (AMM), localizado en el NE de México en el estado de Nuevo León y geológicamente en el frente de la curvatura de Monterrey, cuenta con una población de 4 millones de habitantes, siendo la tercera ciudad más grande de México. Es por eso, que el AMM ha crecido de una forma desordenado, con una planeación muy restringida, abriéndose cada día nuevos asentamientos humanos en zonas montañosas.

Las zonas urbanas montañosas del AMM que tienen un alto índice de urbanización y por ende grandes problemas de origen geotécnico, son las siguientes: (1) el frente de la Sierra Madre Oriental, en San Pedro Garza García y Santa Catarina; (2) las laderas del Cerro de las Mitras, en Santa Catarina, San Pedro Garza García y Monterrey; (3) el Cerro del Topo Chico, en San Nicolás de los Garza y Monterrey; (4) las laderas del Cerro de la Silla, en Ciudad Guadalupe y Monterrey; (5) las laderas del Cerro de la Loma Larga; (6) en las márgenes del Cerro El Mirador y las laderas del Cerro de Mederos en Monterrey, y (7) últimamente en el cañón del Huajuco al SE del AMM. Es importante señalar que estas regiones ya se encuentran en gran medida urbanizadas y la tendencia es urbanizar la totalidad del cañón del Huajuco.

En el presente trabajo, con base a las experiencias y conocimientos ganados en la ingeniería práctica, se muestra la vinculación geológica, tectónica y geotécnica en relación a la estabilidad de los taludes escarpados, como ejemplo principal regiones tipos de la Sierra Madre Oriental, en donde se ubican algunos de los nuevos asentamientos humanos del AMM. Las condiciones geológicas, tectónicas y geotécnicas juegan un papel decisivo en el reconocimiento de las causas y origen de la estabilidad de una ladera y en las medidas de saneamiento requeridas. En el presente trabajo se mostrará la zonificación de los diferentes tipos de riesgos geológicos en áreas tipo seleccionada dentro de la Sierra Madre Oriental.

SE06-15

### CARACTERÍSTICAS DE LA VULNERABILIDAD ANTE EVENTOS SÍSMICOS DE COMUNIDADES ASENTADAS EN EL CINTURÓN VOLCÁNICO MEXICANO

Monroy Salazar Silvia Flor de Azalia<sup>1</sup> y Novelo Casanova David A.<sup>2</sup><sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

flor\_monroy@yahoo.com.mx

El impacto de recientes desastres ha ocasionado que se estudie más a fondo el tema, con una visión tanto científica como social. Debido a esto se han generado nuevas definiciones de los conceptos de riesgo y vulnerabilidad. El riesgo esta determinado por la vulnerabilidad que presenta una sociedad ante la presencia de una amenaza geológica, hidrometeorológica o antrópica. Esta se determina tanto probabilísticamente como determinísticamente. Existen diferentes tipos de vulnerabilidades

que puede presentar una comunidad entre ellas tenemos a la vulnerabilidad cultural, estructural e ideológica.

En el presente estudio se determinó la vulnerabilidad estructural, social, económica y de las instalaciones críticas existentes en la zona de Tixmadejé Acambay, Estado de México, además de obtener el nivel de amenaza sísmica en ésta comunidad. Debido a que la población de Tixmadejé forma parte de las comunidades cercanas al Cinturón Volcánico Mexicano (CVM), ésta se encuentra expuesta a la ocurrencia de un posible sismo de magnitud importante. Por estos motivos en ésta investigación se evaluaron las condiciones de riesgo sísmico que existe en la zona como un ejemplo piloto de la aplicación de una metodología para obtener dicho riesgo en las comunidades asentadas en el CVM.

La vulnerabilidad estructural se determinó utilizando la metodología y la categorización propuesta por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Las vulnerabilidades social, económica y de las instalaciones vitales se obtuvieron basadas en la metodología propuesta por National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA). Los resultados preliminares de vulnerabilidad a partir de una muestra representativa de viviendas obtenidas en la comunidad indican que el 50% de las viviendas tienen muy alta vulnerabilidad estructural, 26% muy alta, 8% mediana y 16% muy baja. En relación a la vulnerabilidad económica el 8% de la población tiene vulnerabilidad muy alta, el 22% alta, el 53% media, el 16% baja y el 1% muy baja. El 9% de la comunidad tiene vulnerabilidad social muy alta, el 39% alta, el 34% media, el 16% baja y el 2% muy baja. Considerando estos tipos de vulnerabilidades en su conjunto, obtenemos que la comunidad de Tixmadejé tiene 30% de vulnerabilidad total alta, 48% media, 21% baja y el 1% presenta vulnerabilidad total muy baja.

SE06-16

### **SISMICIDAD LOCAL Y EFECTOS DE SITIO EN LA DELEGACIÓN ÁLVARO OBREGÓN**

Cárdenas Soto Martín y Reyes Pimentel Thalía A.

*Universidad Nacional Autónoma de México*

thaliareyes@gmail.com

La zona poniente de la ciudad de México es comúnmente clasificada como terreno firme. Sin embargo, esto no parece ocurrir en el caso particular de algunas zonas dentro de la Delegación Álvaro Obregón, donde recientemente han ocurrido daños en viviendas, así como personas lesionadas debido a la inestabilidad del subsuelo, por ende, en esas zonas el peligro sísmico se incrementa debido a la sismicidad regional y local. En este estudio presentamos los resultados del análisis del registro del movimiento continuo del terreno mediante estaciones de banda ancha, y de mediciones de vibración ambiental en colonias susceptibles de inestabilidades en el subsuelo. El desarrollo del estudio constó de tres etapas, en la primera se instaló una estación sísmica de banda ancha en una mina abierta dando como resultado eventos propios de la zona. En la segunda etapa, se conformó un arreglo de tres estaciones, dos instrumentos de banda ancha y un sismógrafo convencional, con el fin de precisar la localización y características de las fuentes asociadas a dichos eventos. En la tercera etapa, se realizaron mediciones de vibración ambiental en diferentes colonias. Los resultados de este estudio muestran que dentro del sistema de Fallas de la Sierra de las Cruces existe la evidencia de la actividad tectónica de algunas de ellas. La evolución de efectos de sitio muestra que de los nueve puntos de registro, sólo dos no presentan efectos

debido a la geología local. El rango de frecuencias en el cual se presentan dichos efectos es de 2 a 6 Hz, rango que debería ser considerado para fines de reglamentación o mitigación del peligro sísmico en la mancha urbana de esta demarcación.

SE06-17

### **AUTOMATIZACIÓN DEL MONITOREO DE LA ATENUACIÓN DE LAS ONDAS CODA (QC-1) EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL PARA LA TOMA DE DECISIONES EN PROTECCIÓN CIVIL**

Mata García Sergio Roberto y Novelo Casanova David A.

*Instituto de Geofísica, UNAM*

mgsrumpas@yahoo.com.mx

En la actualidad los riesgos por fenómenos naturales conjuntamente con las condiciones socio-económicas de una comunidad expuesta, se han convertido en un problema incisivo en la seguridad de la sociedad. Esta condición es debida principalmente a la alta tasa de crecimiento poblacional en el mundo y al asentamiento de estas poblaciones en zonas con alto potencial de sufrir daños por dichos fenómenos. El volcán Popocatepetl (situado a una latitud de 19.02° N, longitud de 98.62° W y altura de 5,452 msnm) es un volcán con alto riesgo debido a su historia eruptiva y a los peligros latentes sobre 25 millones de habitantes asentados en un radio de 90 km alrededor del cráter. Además un número importante de las comunidades asentadas en sus cercanías, sufre de fuertes carencias en infraestructura y vivienda adecuadas. Desde su reactivación en 1994 el volcán ha mostrado una actividad intermitente dentro de la que cabe destacar la última etapa eruptiva de diciembre del 2000 con un VEI estimado entre 3 y 4 y para la cual se registraron variaciones de la atenuación de las ondas coda (Qc-1) antes, durante y después de la erupción principal. Es por esto que la automatización del monitoreo de Qc-1 es fundamental para el pronóstico de erupciones futuras y como apoyo en la toma de decisiones por parte de las autoridades de protección civil.

En el presente trabajo se desarrolló un programa en MATLAB como plataforma para el monitoreo de Qc-1 y su variación temporal en forma semi-automática. La programación fue necesaria para disminuir el tiempo de procesamiento invertido en la cantidad de pasos intermedios a los que estaba sujeto el estudio de Qc-1. El programa desarrollado se divide en varias subrutinas para disminuir tiempo de cómputo. Dichas subrutinas están incluidas en tres rutinas principales: 1) Preparación de datos y archivos de entrada; 2) Cálculo de Qc-1 para distintas frecuencias centrales (3, 6, 12 y 24 Hz.) utilizando como base el método propuesto por Aki y Chouet (1975); 3) Análisis estadístico de los resultados (con error menor al 25%) basado en promedios pesados y su graficación. En esta investigación se muestran los resultados obtenidos para un periodo de monitoreo de dos años (Mayo 2006 – Mayo 2008), los cuales pueden correlacionarse con la aparente estabilidad del volcán. Sin presentarse aún una nueva etapa eruptiva es difícil poder concluir sobre la confiabilidad de las variaciones temporales de Qc-1 como parámetro predictivo de erupciones volcánicas importantes. Sin embargo, las variaciones obtenidas en otras investigaciones dejan abierta la posibilidad y alientan a continuar su monitoreo.

SE06-18

### **METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EDIFICIOS HOSPITALARIOS, CASO DE ESTUDIO MÉXICO, DISTRITO FEDERAL**

Morán Rodríguez Sonia y Novelo Casanova David A.

*Instituto de Geofísica, UNAM*

sonymr@hotmail.com

Los planteamientos en este trabajo indican que las condiciones de amenaza y vulnerabilidad son los problemas fundamentales para que ocurra un desastre. Por lo tanto para reducir el impacto de este desastre es necesario gestionarlo desde un punto multidisciplinario, no solamente mediante la evaluación del daño físico esperado, las víctimas, o pérdidas económicas, sino también a través de los factores sociales, organizacionales e institucionales que construyen la vulnerabilidad.

Las instalaciones de salud por sus características, representan la edificación que brinda la primera respuesta ante una situación de emergencia, especialmente en el caso de sismos, por lo que el mantenimiento y preparación de estas construcciones llega a ser vital e indispensable en caso de una contingencia para la población afectada. Lo que impone la necesidad de evaluar tanto su vulnerabilidad física como funcional así como crear prescripciones específicas que permitan adecuar las existentes y construir las nuevas con requisitos que garanticen su seguridad y funcionamiento ante estos casos de emergencia

En esta investigación se realiza un estudio de vulnerabilidad en la infraestructura hospitalaria en base a la situación geográfica de los edificios y propiedades del suelo ante las ondas sísmicas en el Valle de México. Los resultados demuestran que la infraestructura de salud más importante en la Ciudad de México se encuentra en zona de alto riesgo. Se plantea una metodología en base a indicadores desarrollados de vulnerabilidad sísmica. El grado de vulnerabilidad en el centro hospitalario se determina considerando los aspectos estructurales, no estructurales, funcionales, administrativos organizativos y expresivo ambientales

SE06-19

### **PROYECTO CAHOACÁN “MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO CAHOACÁN, CHIAPAS, MÉXICO, A TRAVÉS DE LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DE MICROCUENCAS, PARA PREVENIR DAÑOS OCASIONADOS POR EL EXCESO DE AGUA”**

Yepéz Pacheco Cristina, Olvera Alarcón David, Arrevillaga Meneses Felipe, Penagos Sen Mercedes y López Arias Didier

*Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza*

cristina.yepéz@iucn.org

La cuenca del río Cahoacán, con un territorio de 28 mil hectáreas dentro de los municipios Cacaohatán, Tuxtla Chico, Tapachula, Frontera Hidalgo y Suchiate, y una población estimada de 200 mil habitantes, alcanza anualmente una precipitación pluvial promedio de 4 mil mm de lluvia anuales, y por su ubicación en la región Costa de Chiapas, es susceptible de los daños ocasionados por fenómenos hidrometeorológicos, tales como el Huracán Stan, ocurrido en 2005.

El Proyecto Cahoacán inició en julio de 2007 con la coordinación de la Unión Internacional para Conservación

la Naturaleza (UICN) y la Sociedad de Historia Natural del Soconusco, A.C. (SHNS), buscando que los productores locales, apoyados por organizaciones de distinto tipo, abatan la vulnerabilidad y mitiguen los efectos negativos que ocasiona el excedente de precipitación pluvial en la cuenca del río Cahoacán. Para lograrlo, el proyecto se ha posicionado y opera como un instrumento de gestión y articulación de instituciones gubernamentales de nivel municipal, estatal y federal con comunidades y diversas organizaciones productivas, sociales y actores locales en general que, sobre la base de un análisis participativo con tomadores de decisiones, se construyen propuestas de trabajo coordinadas, incluyendo investigación y diagnóstico, capacitación y acciones con el enfoque de manejo integrado para implementarse a través de mecanismos interinstitucionales y financieros seleccionados en conjunto.

Los esfuerzos de este proyecto se enfocan en cinco áreas prioritarias: a) la conservación y restauración de las zonas de recarga hídrica para favorecer el re-encauzamiento natural de las corrientes; b) el desarrollo de alternativas y prácticas sustentables que contribuyan a retener el agua y disminuir la erosión hídrica para mitigar los efectos negativos de las precipitaciones excesivas, c) la implementación interinstitucional de planes de prevención de desastres, d) la reducción de la contaminación en la cuenca, y d) los mecanismos financieros e institucionales para dar soporte y continuidad a las acciones promovidas.

En sus primeros diez meses de operación, los ejidos y las instituciones vinculadas a través del proyecto Cahoacán, entre las que destacan CONAFOR, CONANP, CONAGUA, COFOSECH, FIRCO, INIFAP, UNACH, ECOSUR, PROTECCIÓN CIVIL, IHNE, entre otras, han incorporado 1651 hectáreas a servicios ambientales hidrológicos y de sistemas agroforestales. 825 hectáreas han sido beneficiadas con obras y prácticas de conservación de suelos, y 300 propietarios ejidales se encuentran actualmente involucrados en acciones de manejo sostenible y aumento de la cobertura arbórea en el área de la cuenca.

Se ha avanzado en la construcción de alianzas estratégicas, formando grupos interinstitucionales y de especialistas en los temas clave que se articulan a través de organismos de participación intersectorial como son el Consejo Asesor de la Reserva de la Biosfera del Volcán Tacaná (ya constituido) y el Comité de Cuenca del río Cahoacán (en proceso), con fundamento legal y donde es posible establecer acuerdos formales para implementar acciones e inversión de recursos para el manejo sustentable de la cuenca. El proyecto Cahoacán se visualiza como un proceso de construcción participativa que genere pautas claras a seguir en el manejo integrado de cuencas en México y Mesoamérica.

SE06-20

### **UNA NUEVA METODOLOGÍA PARA IDENTIFICACIÓN DE CUENCAS ATMOSFÉRICAS**

Caetano Ernesto y Magaña Rueda Víctor

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

caetano@servidor.unam.mx

La estimación del potencial de la contaminación del aire de cuencas atmosféricas y utilizar esta información para el monitoreo de la calidad del aire y futuros desarrollo urbano y industrial es una preocupación de la autoridades y sociedades de forma a mantener las emisiones a niveles que no afectan de modo importante la salud de la población y medio ambiente en general. Con el fin de estimar el potencial de la contaminación

del aire de las cuencas atmosféricas, es importante para determinar la distribución espacial y temporal del transporte de plumas de contaminantes para determinar las zonas riesgo a altas concentración de contaminantes. En muchos casos, particularmente en el caso de los contaminantes secundarios que se forman lejos de la fuente.

Una metodología es presentada que se basa en determinar la frecuencia de las trayectorias de los contaminantes que cruzan áreas de influencias que por su vez caracterizan la cuenca atmosférica que toma en criterios y compromisos transfronterizos. La propuesta metodológica considera factores meteorológicos y topográficos pero basándose en la dinámica de un flujo tridimensional en la capa límite, donde se considera la circulación atmosférica tridimensional y que queden insertos en la definición de cuenca factores relacionados con el ciclo diurno y con eventos meteorológicos extremos.

Así, el esquema de definición de cuenca contempla:

- El uso de trayectorias hacia adelante (forward) de parcelas atmosféricas cerca de la superficie en zonas urbanas que cruzan fronteras que se extienden radialmente
- Que las parcelas muestra para dispersarse son arregladas simétricamente en una malla a distancias de 5km de separación que parten de un nivel cercano a la superficie, y están distribuidas en la zona de emisiones
- Que la integración de las trayectorias se haga por 24 horas, plazo en el que se cumple el ciclo diurno y de actividad de la ciudad

La dispersión entre trayectorias define el grado de concentración de elementos traza después de cierto tiempo y su preferencia a concentrarse en determinadas regiones alrededor de su centro de emisión. El principio básico de la definición de cuencas consiste así, en encontrar las direcciones preferenciales de las trayectorias dentro de los primeros mil metros sobre la superficie (aproximación de capa límite). La densidad de trayectorias que pasen a través de una frontera permitirá definir el flujo de parcelas de aire que afectan una región determinada. Las cuencas analizadas se tomó como requisito principal las ciudades mexicanas con redes de monitoreo y/o con problemas de calidad del aire tal como la Zona Metropolitana del Valle de México, Toluca, Monterrey, Guadalajara, Tijuana, Mexicali, Ciudad Juárez, Puebla y Salamanca.

Los resultados muestran que el requisito básico para evaluar la calidad del aire en una región o cuenca atmosférica es contar con un sistema moderno y confiable de monitoreo atmosférico construido con consideraciones de cuenca atmosférica. La definición de cuencas atmosféricas basada en análisis de trayectorias permite revisar la ubicación de las estaciones de monitoreo y generar información para gestión de la calidad del aire.

SE06-21

## DIAGNÓSTICO, EVALUACIÓN DEL RIESGO CLIMÁTICO EN EL SECTOR AGRÍCOLA DE QUERÉTARO Y GUANAJUATO

Neri Vidaurri Carolina<sup>1</sup> y Magaña Rueda Víctor<sup>2</sup>

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

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

caro.neri@gmail.com

Los eventos hidrometeorológicos extremos tienen serios impactos en diversos sectores socioeconómicos tales como el sector agrícola. En México, gran parte de la agricultura es de temporal, por lo que las condiciones climáticas determinan en gran medida el rendimiento de los cultivos. A través del análisis de la variabilidad del clima y de la vulnerabilidad de los cultivos se puede estimar el riesgo de pérdidas bajo clima adverso. Si se considera dicho riesgo en la planificación agrícola, las estrategias de trabajo podrían variar. El objetivo es que las acciones, hoy encaminadas a la mitigación de los daños, sean acciones preventivas. Cuando el riesgo se conoce, se puede reducir la vulnerabilidad, ya sea estructuralmente o para tomar medidas preventivas para disminuir pérdidas. Se sabe que la información climática es un elemento fundamental para tomar decisiones y planear las actividades en cada ciclo agrícola.

En un estudio para el sector agrícola se examinaron las relaciones clima y riesgo climático en cultivos de temporal en los estados de Querétaro y Guanajuato. Los análisis sirven como materia para un diagnóstico de los elementos necesarios en la evaluación del riesgo climático en agricultura, los costos del desastre, así como el potencial de una política de seguros agrícolas.

Utilizando datos de precipitación y temperaturas diarias, se construyeron mapas temáticos de las regiones bajo una mayor amenaza climática dependiendo del cultivo. En primer lugar se estableció en dónde se cuenta con buenas probabilidades de que se cumpla con los requerimientos hídricos del maíz, frijol o sorgo. Posteriormente, bajo un análisis de relaciones de rendimientos bajos, se establecieron los valores umbrales de precipitación por debajo del cual se llega a pérdidas fuertes o totales (desastre). Por ejemplo, en el cultivo del maíz el umbral de precipitación por debajo del cual los rendimientos en Querétaro y Guanajuato son definitivamente bajos es de 325 mm en el periodo de siembra a cosecha. Las probabilidades de que se presente esta condición en las zonas de cultivo de temporal son relativamente bajas, menores del 20% en las zonas sur y suroeste del bajío. Posteriormente, a partir de los cálculos de probabilidades de ocurrencia de lluvias insuficientes, se puede estimar cuál es la probabilidad de siniestro por causa de la amenaza. De forma similar se puede establecer la probabilidad de que las temperaturas máximas o mínimas no correspondan a las necesarias para el éxito de un cultivo.

Con base en lo anterior, se dispone de una primera estimación de riesgo conocido, sin embargo, los productores conocen el riesgo que normalmente esperan sin que eso sea una causa para no desarrollar su actividad. Ante tal condición, la alerta para el productor o para la compañía de seguros agrícolas debe estar al momento de establecer que las probabilidades de que no se cumpla con la condición climática umbral en una estación o periodo determinados. Dichas probabilidades pueden ser obtenidas de los pronósticos climáticos estacionales. En la actualidad se sabe que los esquemas de pronóstico funcionan mejor cuando se presentan condiciones La Niña o El Niño.



SE06-22

### DROUGHT MONITORING AND FORECAST IN MEXICO: APPLICATIONS OF THE UNIVERSITY OF WASHINGTON WEST-WIDE SEASONAL HYDROLOGIC FORECAST SYSTEM

Muñoz Arriola Francisco<sup>1</sup>, Shukla Shradhanand<sup>2</sup>,  
Bohn Ted<sup>2</sup>, Zhu Chunmei<sup>2</sup>, Lettenmaier Dennis<sup>2</sup>,  
Wagner Gomes Ana<sup>3</sup> y Lobato Sanchez Rene<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of Washington

<sup>2</sup>Department of Civil and Environmental  
Engineering, University of Washington, USA

<sup>3</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

fmunoz@u.washington.edu

Drought is one of the most important climate phenomena in Mexico due to its socio-economical impacts. Nonetheless, its prediction is still a challenge for hydrometeorologists. We apply the University of Washington West-wide Seasonal Hydrologic Forecast System (UWWHS) over Mexico to evaluate the reliability of drought monitoring and forecasts during the summer of 2007. UWWHS uses simulated hydrological variables produced by the Variable infiltration Capacity (VIC) macroscale hydrology model, which we currently run in real-time over the western U.S. and Mexico. In its implementation within UWWHS, VIC is forced by current precipitation, maximum and minimum temperature, and wind speed. These hydrological outputs represent the initial conditions used for Ensemble Streamflow Predictions (ESP). ESP is based on resampling of ensemble members (VIC forcings) from a 40-year climatology, which produce 40 soil moisture and runoff ensemble members. The ESP-simulated soil moisture and runoff and the corresponding climatological values were used to calculate the evolution of the Standardized Runoff Index (SRI) and Soil Moisture (SM) percentiles for the summer of 2007. SRI and SMI forecasts of one-, two- and three-months lead are compared with hydrological simulations forced by 2007 observations. Preliminary results show comparable SRI with respect to those showed by the North American Drought monitor Index (SPI), however, UWWHS shows a wider distribution of drought conditions over Baja California and Southeastern Mexico for the three months lead predictions. The reconstructions of 2007 forecasts and observed conditions help to understanding the nature and reliability of UWWHS drought monitoring and forecasts over Mexico.

SE06-23

### PELIGRO POR DESLIZAMIENTOS EN EL PAÍS ANTE SISMO Y LLUVIA INTENSA INTEGRADO EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Jaimes Téllez Miguel A.<sup>1</sup>, Niño Lázaro Mauro<sup>1</sup>,  
Reinoso Angulo Eduardo<sup>1</sup> y Carlos Valerio Victor<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería

<sup>2</sup>Secretaría de Protección Civil del Distrito Federal

mjaimest@iingen.unam.mx

En México, las pérdidas económicas asociadas a los deslizamientos son cada vez más importantes, debido entre otras causas, al crecimiento poblacional y a los asentamientos humanos en zonas de laderas potencialmente inestables. Los factores que controlan los deslizamientos son muchos,

pero fundamentalmente se pueden dividir en dos factores: condicionantes y detonantes. El primero se refiere a las características intrínsecas del terreno (p.e. geología, morfología, procesos físico-químicos) mientras que el segundo se refiere a los agentes que desestabilizan e inducen el movimiento (p.e. sismos, lluvias). Actualmente existen algunos trabajos sobre regionalización de los deslizamientos y de análisis del relieve en México, pero los métodos utilizados consisten en la sobreposición de factores, en la evaluación cualitativa del potencial de ciertas áreas a presentar deslizamientos y en análisis morfométricos o morfogenéticos.

En este trabajo se determinan mapas de peligro por deslizamientos en el país asociado: 1) a sismos y 2) a lluvias intensas. Para ello se utiliza el método de análisis de estabilidad de talud infinito, el cual ha sido ampliamente utilizado debido a su sencillez y su fácil integración en un SIG, además de que a escala regional, es casi imposible la utilización de métodos más precisos, debido a la falta de datos geotécnicos y al desconocimiento de los mecanismos precisos de movimiento. Con este método se determinan las zonas más susceptibles de presentar deslizamientos traslacionales, los cuales pueden derivar en flujos de detritos y que representan un proceso comúnmente asociado a la sismicidad y a las lluvias intensas. Otros mecanismos de movimiento como las caídas, volteos, reptaciones y expansiones laterales, quedan fuera del alcance de este trabajo.

La metodología consistió en digitalizar el mapa geológico del país y su integración en un SIG. Del mapa topográfico se obtuvo el modelo digital de elevaciones y posteriormente el mapa de pendientes. Estos dos mapas, el geológico y de pendientes, son los principales insumos para llegar al producto final. A partir de datos publicados y de la revisión de la literatura técnica, se obtuvieron valores universales de cohesión, ángulo de fricción y peso volumétrico de los distintos materiales. Del análisis de sismos ocurridos en México, se obtuvo una expresión del desplazamiento-aceleración máxima del terreno, de acuerdo con el método de Newmark, para generar el mapa de deslizamientos inducidos por sismos. Para el mapa de deslizamientos inducidos por lluvias se consideraron niveles de saturación del terreno en función de umbrales definidos para unas regiones del país así como las observadas en otras regiones del mundo.

Relacionando bases de datos de información que contienen infraestructura georreferenciada y os mapas de deslizamientos es posible determinar las zonas de alto peligro por deslizamiento. Y posteriormente mediante la generación de funciones de vulnerabilidad evaluar pérdidas esperadas ante deslizamiento por un sismo o lluvia intensa.

SE06-24

### VULNERABILIDAD AMBIENTAL Y SU MITIGACIÓN EN LA CUENCA DE MOTOZINTLA, CHIAPAS

Ramos Hernández Silvia

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

silviamosh@gmail.com

La presente propuesta para el estudio y análisis de la vulnerabilidad ambiental y su mitigación en la Cuenca de Motozintla, Chiapas, es parte del proyecto CONACYT-IGeof.UNAM-UNICACH, coordinado por el Dr. David Novelo del Instituto de Geofísica de la UNAM. Tiene el objetivo de analizar la diversidad de amenazas a la que está expuesta la región biogeográfica de la Sierra y Soconusco.

La vulnerabilidad ambiental en esta cuenca, tiene una alta relación con la deforestación, altos porcentajes de erosión, la geología, la topografía accidentada, cuya vulnerabilidad aumenta con la combinación de la amenaza volcánica por su cercanía al Volcán Tacaná, la actividad sísmica, la exposición permanente a derrumbes, deslizamientos, lluvias e inundaciones en las partes bajas, los cuales han producido efectos catastróficos en la población de la región, considerándose que existe una alta vulnerabilidad hacia la población y a la economía de la zona.

En este proyecto, la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, a través de un grupo de investigadores en Ciencias de la Tierra de la Escuela de Biología, participarán en el análisis de la vulnerabilidad en la región, participando además tesis y estudiantes de servicio social.

El estudio tiene el propósito de generar información e indicadores sobre la cobertura vegetal, suelos, evaluación de fertilidad de suelos, evaluación de la erosión, estado de conservación de los recursos, estudios geológicos y su relación con los georriesgos. El análisis contará con cartografía de detalle para elaborar las propuestas de mitigación, manejo, conservación, restauración de recursos naturales y coadyuvar en la disminución de la vulnerabilidad ambiental en la región.

SE06-25

**CARACTERIZACIÓN DE FENOMENOS MIXTOS (RESULTADO DE FENOMENOS GEOLÓGICOS-ATMOSFÉRICOS) EN LOS MUNICIPIOS BERRIOZABAL, COAPILLA, TECPATÁN Y PUEBLO NUEVO, UBICADOS AL NORTE Y CENTRO DE CHIAPAS**

Figueroa Pineda Haidit<sup>1</sup>, Mora Juan Carlos<sup>1</sup>, Hernández Madrigal Victor Manuel<sup>2</sup>, Carrera Mariela<sup>1</sup> y Melva Garcíadiego Ana<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH

haidit@msn.com

Cuando se da una manifestación de cambio en la naturaleza (por acción del hombre o de forma natural) se produce un fenómeno o amenaza, que puede desencadenar daños materiales y pérdidas humanas.

Chiapas es un estado que por su ubicación geográfica y sus características geológicas, exhibe un relieve complejo que se ve expuesto a una serie de peligros naturales muy poco evaluados por el hombre, muchas veces por desconocer de la existencia de los mismos.

De forma general los fenómenos geológicos que se presentan en el estado de Chiapas se resumen en: sismos, erupciones volcánicas y movimiento de terrenos.

Los fenómenos generados por factores atmosféricos en el estado de Chiapas son referidos a: frentes fríos, lluvias torrenciales, tormentas y huracanes.

La combinación de fenómenos geológicos y atmosféricos origina en el estado fenómenos mixtos, como son las inundaciones, deslizamientos, hundimientos y flujos de lodo, entre otros.

La caracterización de estos peligros es muy importante, ya que permite conocer los mecanismos y tipos de movimientos que ocurren en cuerpos inestables, así como los factores que causan y controlan este tipo de procesos en espacios definidos; por otro lado es importante definir los factores que los provocan en un área

determinada. Todo este estudio tiene la finalidad de establecer un rango de peligro en zonas de asentamientos humanos expuestos a este tipo de fenómenos.

De acuerdo a esto se reportan en este trabajo cuatro de las 229 localidades (42 municipios) que fueron reportadas a protección civil en el mes de octubre 2007, las cuales fueron afectadas por: 1).-inundación, 2).-hundimientos, 3).-deslizamientos y 4).-flujos de lodo.

Estas localidades son: Las Camelias, Benito Quezada y el Divisadero, municipio de Berriozabal (1); Unión Portes Gil, municipio de Coapilla (2); Flanboyan, El Edén, municipio de Tecpatán (3); la Florida, municipio de Pueblo Nuevo (4).

SE06-26

**ENFOQUE HIDRO-GEOLÓGICO COMO BASE PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE DESASTRES EN CUENCAS HIDROLÓGICAS, CASO CUENCA DEL RÍO COATAN, CHIAPAS**

Espiritu Tlatempa Gloria

*El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR*

espiritug@hotmail.com

Como es sabido actualmente, se han acrecentado desastres naturales debido a intensas lluvias, sobre todo en las zonas costeras. Lo anterior es aún más siniestro cuando existen núcleos de población creciente como es el caso de la Ciudad de Tapachula, Chiapas. El conocimiento preventivo del dominio social, debe tener una base fundamental en la observación de elementos geológicos e hidrológicos tanto superficiales como subterráneos, que en estas condiciones extremas son reconocidos como riesgos potenciales que crecen, se conjugan o provocan otros, aguas abajo de las cuencas hidrológicas. Así, se priorizan áreas estratégicas de alerta preventiva que deben estar en tratamiento continuo para mitigar su continuo desarrollo.

La zona de trabajo con superficie de 448,992 km<sup>2</sup>, tiene aproximadamente el 50% de los habitantes del municipio, incluyendo a algunos de la ciudad de Tapachula y 158 localidades. La corriente principal en la cuenca es el río Coatán, el cual desciende de la Sierra y pasa por un costado de la urbe, atravesando al municipio de Mazatán. Los tributarios de este río han sido analizados en conjunto con elementos litológicos y estructurales, de tal forma que ha sido posible detectar las zonas susceptibles a movimientos e inundación. Los procesos históricos en algunas geoformas se evidencian en su desarrollo, por lo que son determinados como riesgos potenciales intensificados en los eventos de lluvias extremas acaecidas; ya que, pueden ser susceptibles a remoción, transporte y depósito, lo que amenaza a la parte occidente de la ciudad tapachulteca.

Las condiciones inherentes al uso del suelo en varios de los casos en esas partes altas han provocado zonas frágiles en materiales susceptibles, pero también la construcción de vías de comunicación, ha promovido la inestabilidad en zonas relativamente compactas, por lo que se debiese tener estrategias de tratamiento a los taludes con base en estudios y análisis geotécnicos que no agraven la situación de peligro, y compartir con los municipios las responsabilidades de mantenimiento de la infraestructura.

Por otra parte, en el sentido del manejo de las cuencas, en caso de riesgos, es un deber compartir responsabilidades que obedezcan a acuerdos para mitigación y tratamiento, en donde los usuarios locales, relacionen estos problemas o fenómenos

naturales con las acciones de manejo; con un conocimiento real de los riesgos potenciales a los que ya están y pueden estar sujetos. El caso de la cuenca del Río Salitre, es uno de estos casos indispensable a ser tratada por convenio binacional con Guatemala, por la seria manifestación de riesgo potencial que representa en esta cuenca del Río Coatán.

SE06-27

### **NOMENCLATURA DE ZONIFICACIÓN DE PELIGROS NATURALES PARA URBANIZACIONES MÁS SEGURAS**

Bremer Bremer Martin H. y Rodríguez García Mucio

*Centro de Calidad Ambiental, ITESM*

mbremer@itesm.mx

Actualmente se enfrenta la población humana, en especial la que vive en grandes urbes, a una creciente amenaza por fenómenos naturales extremos.

La Década Internacional para la Reducción de Desastres Naturales 1990-2000 se deriva de las siguientes premisas:

+ Las pérdidas debidas a los desastres naturales frenan el desarrollo económico, sobre todo en los países y regiones pobres.

+ En muchos países vulnerables, las crisis económicas están altamente relacionadas con la ocurrencia de desastres mayores debido a ciclones tropicales, volcanes inundaciones o terremotos.

+ También es evidente que con medidas adecuadas de prevención, las pérdidas por desastres pueden ser reducidas sustancialmente

A diferencia de la discusión sobre el origen antropogénico del cambio climático, no hay duda que la frecuencia e intensidad de los desastres ha aumentado en las últimas décadas, generando pérdidas de vidas, viviendas, centros productivos y daños a la infraestructura que frenan el desarrollo económico y social de las regiones afectadas.

Probablemente una parte de este aumento es debido al incremento de la violencia y frecuencia de los fenómenos hidrometeorológicos (todavía falta certeza estadística). Por otra parte, existe poca discrepancia respecto al rol del aumento de la vulnerabilidad de la población, debido al incremento en la densidad de población y a la ocupación de zonas peligrosas que son propensas a fenómenos naturales extremos.

De ahí que una herramienta fundamental de prevención es: la identificación de los tipos de fenómenos naturales extremos que pueden generar un peligro para la población de una región y zonificar dichos peligros, para evitar que esas áreas sean pobladas y se constituyan en zonas potenciales de desastre o, en caso que éstas áreas estén actualmente pobladas, puedan generarse planes de mitigación y de respuesta para el caso de ocurrir un fenómeno extremo.

Un problema es que los mapas que presentan la zonificación de los peligros no siempre son entendidos por los responsables de la urbanización, que los ven más como un obstáculo que como una herramienta. En el presente trabajo se presentan algunas experiencias de estudios multidisciplinarios realizados por el CCA del ITESM para evaluar peligros naturales (inestabilidad de taludes, desprendimientos de rocas e inundaciones) a partir de los cuales se desarrolló una nomenclatura para la zonificación de áreas urbanizables, con base al nivel de peligro y si éste es mitigable, que pueda ser entendida y utilizada por arquitectos urbanistas en el desarrollo de desarrollos más seguros. Se muestran ejemplos.

SE06-28

### **SISTEMA EXPERTO PARA LA EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS POR RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN MÉXICO**

Huerta Garnica Benjamín<sup>1</sup>, Ordaz Schroeder Mario<sup>2</sup>,  
Reinoso Angulo Eduardo<sup>2</sup> y Avelar Frausto Carlos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ERN Ingenieros Consultores, S.C.

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

bhg@ern.com.mx

En las últimas décadas los fenómenos naturales de origen hidrometeorológico han tenido graves repercusiones en todo el mundo, particularmente, los huracanes han ocasionado daños y pérdidas considerables que han repercutido en la población, en los gobiernos y en el sector de seguros. Si bien la pérdida de vidas humanas ocasionadas por estos fenómenos ha logrado disminuirse sustancialmente gracias al seguimiento y monitoreo de sus trayectorias, y al perfeccionamiento de las técnicas de pronóstico, los daños materiales que provocan se han incrementado dramáticamente.

En este trabajo se presentan las principales bases y características de un sistema de cómputo para la estimación de las pérdidas por eventos hidrometeorológicos en edificaciones ubicadas en la República Mexicana. Se detallan algunos de los modelos empleados para la determinación de las velocidades máximas de huracanes, la marea de tormenta que pueden ocasionar y la precipitación asociadas a estos eventos.

En este sistema se utiliza el estado actual del arte en modelación de riesgo y en diseño de sistemas orientados a objetos, por lo que tiene una interfaz que permite su uso a personal de las compañías de seguros, aún sin que tengan conocimientos de meteorología, ingeniería eólica hidráulica, ingeniería de costas o ingeniería estructural.

El sistema permite el cálculo de la pérdida anual esperada de uno o de miles de inmuebles, así como la estimación de la pérdida máxima probable (PML) de toda la cartera de cada compañía de seguros. La pérdida anual esperada o prima pura de riesgo permite a las compañías de seguros establecer con bases técnicas las primas que deben cobrar a sus asegurados y a la autoridad de regulación de las compañías de seguros le permite tener bases para fijar la velocidad de constitución de reservas que les permitan a las compañías poder hacer frente a las responsabilidades que han adquirido con los asegurados. Una estimación confiable de la pérdida máxima probable permite a las compañías de seguros fijar los montos de reservas y sumas aseguradas en contratos de reaseguro. Por su parte la estimación de la PML permite a la autoridad poder verificar la solvencia de las compañías de seguro en el ramo de hidrometeorológicos.

SE06-29

### **CONSTRUCCIÓN SOCIAL DEL RIESGO: PLANEACIÓN Y VULNERABILIDAD URBANA**

Puente Aguilar Sergio

*Centro de Estudios Demográficos, Urbanos  
y Ambientales, El Colegio de México*

spuente@colmex.mx

La ciudad constituye la manifestación histórica de la máxima artificialidad lograda por el hombre sobre la naturaleza.

Esta artificialidad hace a la ciudad dependiente de una obligada apropiación de medios ambientes externos a ella para suministrarse insumos de alimentos, energía, materias primas, etc., indispensables a los ciclos de reproducción social de sus funciones urbanas y de la producción del medio ambiente construido. La ciudad es altamente vulnerable a cualquier interferencia o alteración de las interacciones, de las cuales depende, con otros medios ambientes. Es igualmente vulnerable a desastres naturales y antrópicos, resultantes de las condiciones geomórficas del sitio que le sirve de soporte.

La ciudad está sujeta a permanentes alteraciones y desequilibrios que son inherentes a la especificidad e interacción de las distintas funciones que lo integran (producción, intercambio, gestión, circulación y consumo social), y a la lógica de apropiación del medio ambiente natural que, transformado, es incorporado como espacio urbano. Son estos procesos que rigen la modalidad de la reproducción social y de producción espacial de lo urbano, y que determinan la construcción social del riesgo ante fenómenos naturales y antrópicos.

En tanto sistema complejo altamente inestable y vulnerable la, Ciudad de México, es epítome de la complejidad de una megalópolis en endémica crisis debido a su acelerado crecimiento, pero principalmente a la incapacidad de los planes de desarrollo urbano y a una insuficiente voluntad política, de controlar y orientar el acelerado crecimiento registrado en las últimas cinco décadas. Múltiples y agudos son los problemas que enfrenta: desempleo, informalidad, economía subterránea, desigualdad social, inseguridad, contaminación ambiental, irregularidad en la tenencia de la tierra, pero, principalmente una alta vulnerabilidad ante desastres naturales y antrópicos.

La vulnerabilidad ontológica de los medios ambientes urbanos a la que hemos hecho referencia se amplifica en el caso de la Ciudad de México. Las condiciones naturales propias a su emplazamiento (la composición de su subsuelo y su propensión a riesgo sísmico) la hace altamente vulnerable. La lamentable tragedia del sismo de 1985 constituye un testimonio inequívoco ante el cual es urgente que se deriven medidas responsables y eficientes de mitigación ante la eventual, pero inexorable, reedición de un sismo de similar magnitud en un futuro no remoto.

La ponencia que se presenta pretende evidenciar el papel determinante que, en la construcción social del riesgo, tiene la planificación urbana, entendida ésta como un proceso de toma de decisión sustentada en el conocimiento derivado de la articulación entre ciencias naturales y sociales. La deficiencia de esta articulación, la ausencia de su transformación en un coherente ordenamiento territorial y política pública, y la inconsistencia de su implementación, son factores determinantes en el incremento de la vulnerabilidad urbana y, por ende, del riesgo ante desastres naturales y antrópicos.

SE06-30

### **ALGUNAS ALTERNATIVAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO POR FENÓMENOS DE ORIGEN NATURAL**

Novelo Casanova David A.  
*Instituto de Geofísica, UNAM*  
 dnovelo@geofisica.unam.mx

Latino América y El Caribe (LAC) es una región que en general se encuentra altamente expuesta al efecto de toda clase de fenómenos extremos de origen natural incluyendo temblores, huracanes, inundaciones, procesos de remoción de masas,

erupciones volcánicas, sequías, etc. En años recientes, la región ha sido impactada por el huracán Mitch en 1988, el temblor de El Salvador en 2001, el huracán Stan en el 2005 y el Terremoto de Perú en el 2007, entre otros eventos. Debido a que los desastres son el resultado de la interacción de procesos sociales y fenómenos de origen natural o antrópicos, en algunos países de LAC estos eventos han generado pérdidas económicas mayores al 15% del Producto Interno Bruto (PIB). Han dañado más del 20% de las viviendas y de la red local y regional de caminos. También, han impactado de manera importante tanto al sector salud como al de educación y a la pequeña y mediana industria.

Aunque se han realizado importantes avances en los planes de atención durante los desastres, la región todavía permanece altamente vulnerable al efecto de los fenómenos recurrentes de origen natural. Las principales razones son: 1) La pobreza; 2) Inadecuado uso del suelo; 3) Reducido número de programas multidisciplinarios para la reducción de la vulnerabilidad; 4) La mayoría de las instituciones operan bajo el concepto de respuesta con acciones de bajo impacto en la mitigación y reducción del riesgo; 5) Limitada distribución de las responsabilidades de reducción del riesgo entre las diferentes instituciones gubernamentales; 6) En la mayoría de los casos, los proyectos y planes de mitigación del riesgo son considerados la responsabilidad de instituciones técnicas y académicas; 7) Los organismos de protección civil operan con bajo presupuesto e insuficiente capacidad técnica; 8) Casi nula participación del sector privado y financiero.

Bajo estas condiciones, posibles acciones para reducir el impacto de los desastres en LAC son: 1) Incorporar planes de reducción del riesgo como una prioridad nacional en los programas de desarrollo de los países; 2) Promover la participación social (desde la comunidad hasta los gobiernos); 3) Crear mecanismos para el desarrollo de programas multidisciplinarios de reducción del riesgo (social, científico, técnico, económico, ambiental, etc.); 4) Implementar proyectos regionales en esta temática; 5) Desarrollar un Sistema Regional de Información Científica (geológica, hidrometeorológica, socio-económica) para la toma de decisiones; 6) Fortalecer a las instituciones responsables de Protección Civil; 7) Formar profesionales con una visión multidisciplinaria para la reducción del riesgo.

SE06-31

### **EL FONDO PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES. FINANCIAMIENTO DE PROYECTOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS**

Guevara Ortiz Enrique  
*Centro Nacional de Prevención de Desastres*  
 ego@cenapred.unam.mx

El Fondo para la Prevención de Desastres FOPREDEN, es un instrumento financiero que tiene como finalidad proporcionar recursos tanto a dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, como a las entidades federativas, destinados a la realización de acciones y mecanismos tendientes a reducir riesgos, así como evitar o disminuir los efectos del impacto destructivo, originados por fenómenos naturales sobre la vida y bienes de la población, los servicios públicos y el medio ambiente.

De acuerdo a las reglas de operación, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 15 de agosto de 2006, para acceder a los recursos del FOPREDEN, las acciones preventivas que propongan los solicitantes en sus proyectos, deberán: 1) estar

orientadas a la identificación del riesgo; II) dirigirse a mitigar o reducir el riesgo, o III) fomentar la cultura de la prevención y la autoprotección, ante situaciones de riesgo.

Lo anterior encuentra sustento en que la prevención requiere en primera instancia del conocimiento de los fenómenos y amenazas, conocer su intensidad, frecuencia y la probabilidad de ocurrencia. En segundo lugar, es requisito indispensable conocer y evaluar la susceptibilidad de la población e infraestructura expuesta a sufrir algún daño ante la presencia de un fenómeno, es decir su vulnerabilidad tanto física como social. Una vez identificado y cuantificado lo anterior, en otras palabras, una vez evaluado el riesgo, se podrán diseñar las medidas adecuadas y efectivas para mitigar y reducirlo, así como su traducción oportuna en prácticas sociales, una percepción adecuada del riesgo y con ello el fomento a una cultura de la prevención y la autoprotección.

La pérdida de vidas humanas, daños a los ecosistemas y los altos costos de recuperación hacen necesaria una reducción mas efectiva del riesgo y prevención de desastres. Esto requiere de un cambio de actitud en el estudio de las amenazas y los riesgos: es necesario investigar sobre el origen, naturaleza e impacto de los desastres. Con ello se situó a las causas de los desastres como objetos de estudio de la ciencia, con el propósito de prevenirlos y no sólo de reaccionar ante sus ocurrencia.

Así, pues el FOPRDEN representa una alternativa financiera para llevar a cabo proyectos para relacionados con la identificación de riesgos. En este trabajo se hace un breve resumen del marco conceptual del Fondo, los procedimientos para acceder a los recursos y finalmente se presentan ejemplos de proyectos relacionados con la identificación de riesgos geológicos e hidrometeorológicos que han sido financiados a partir del año 2004 al 2007.

SE06-32 CARTEL

### ¿CUÁNTO HAN CONSTADOS LOS DESASTRES NATURALES EN MÉXICO?

González Herrera Raúl

*Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas*

ingeraul@yahoo.com

Con el establecimiento de las primeras ciudades, comenzó, para sus habitantes, el reto de estudiar las condiciones de la región donde establecían su urbe y las técnicas de construcción adecuadas para éstas. Pronto descubrirían que el sitio elegido debía ser estratégico, no solo para satisfacer sus necesidades de alimento, agua, defensa, clima, etc., sino para que les permitiera considerar y prepararse para enfrentar los peligros naturales relacionados a éste.

Dentro de estos peligros sobresalen fenómenos tales como los sismos, que han sido uno de los retos más importantes para las ciudades. Son varios los relatos de ciudades de la antigüedad que desaparecieron o se refundaron en otro sitio tras la ocurrencia de un sismo de magnitud importante (Pompeya y Herculano), perdieron su estatus de capital (La ciudad de Antigua en Guatemala), o simplemente fueron abandonadas cuando la gente emigraba a otras para sentirse a salvo. Otro elemento a considerar es que, desde hace casi mil años, ya eran alarmantes las pérdidas de vidas humanas en ciudades ubicadas en países densamente poblados, como China e India.

Para afrontar este reto, a lo largo de los años la ingeniería ha evolucionado permitiendo mejorar los sistemas constructivos y contar con reglamentos más específicos que parten de estudios

de peligro de las micro regiones. No obstante lo anterior, las dimensiones que han alcanzado algunas de las ciudades, los costos de los terrenos, la desatención por parte de las autoridades ante la invasión de terrenos ubicados en zonas de alto riesgo y la falta de planeación urbana -en gran medida potenciada por un crecimiento descontrolado de las zonas urbanas por la pobreza del campo- ha hecho que cada vez más habitantes desarrollen su vida en zonas de mayor riesgo ante los distintos fenómenos naturales.

En la actualidad los riesgos y los costos que éstos representan para las zonas urbanas han crecido exponencialmente, no obstante que se cuenta con mayor información sobre estos fenómenos, caracterizándose mejor el peligro y estableciéndose un importante número de metodologías para evaluar la vulnerabilidad, el riesgo y sus costos asociados. Adicionalmente, las dimensiones de las ciudades y la inversión de la infraestructura presente hacen que el nivel de riesgo económico y social sea cada vez más alto, siendo ahora casi imposible trasladar las ciudades hacia otro sitio como en el pasado.

Finalmente podemos concluir que este tipo de desastres traen consigo, entre otras consecuencias, que las regiones afectadas retrocedan algunos años en su desarrollo social y económico. Tal es el caso de la ciudad de Tapachula de Córdova y Ordóñez en la costa de Chiapas, que a poco más de un año del impacto del huracán Stan, siguen siendo infructuosos los esfuerzos de las autoridades y la sociedad civil para alcanzar, al menos, las mismas condiciones existentes previas al desastre natural en cada uno de sus habitantes e infraestructura. En el presente trabajo se hace un recuento de los principales desastres ocurridos en México contemporáneo y su repercusión en el PIB, acentuando la dificultad para estimar los costos directos e indirectos.

SE06-33 CARTEL

### BÚSQUEDA DE SISMOS Y TSUNAMIS EN EL REGISTRO SEDIMENTARIO DE LA COSTA DEL PACÍFICO MEXICANO

Ramírez Teresa<sup>1</sup>, Kostoglodov Vladimir<sup>2</sup> y Cundy Andrew<sup>3</sup><sup>1</sup>*Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM*<sup>2</sup>*Instituto de Geofísica, UNAM*<sup>3</sup>*School of Environment and Technology, University of Brighton*

mtramirez@ciga.unam.mx

El estudio de sismos y tsunamis prehistóricos usando los depósitos sedimentarios, donde los cambios abruptos de ambientes terrestres a marinos y viceversa se conservan en el registro estratigráfico y donde los depósitos de tsunamis han sido preservados, han proporcionado información valiosa en la evaluación del peligro por sismos y tsunamis. La costa del Pacífico Mexicano es tectónicamente activa y ha experimentado numerosos sismos de magnitud grande ( $M > 7.5$ ) en tiempos históricos, y más de 50 tsunamis documentados desde 1732. Los estudios geomorfológicos y estratigráficos de la costa de Guerrero muestran la posibilidad de usar el registro estratigráfico de sedimentos lagunares y de marismas para documentar sismos y tsunamis prehistóricos en esta costa. Muestras de núcleos de nueve sitios de estudio, el análisis multi-proxy de sedimentos, microfósiles, fechamiento con radiocarbono y la composición geoquímica, muestran cambios en la estratigrafía con la profundidad, indicando cambios temporales claros en los ambientes de depositación. Por lo menos tres incursiones marinas y una gran incursión marina (tsunami), asociada muy

probablemente a un evento sísmico local, han sido identificadas en los últimos 4600 yr BP en la costa de Guerrero.

SE06-34 CARTEL

### EL ATLAS DE PELIGROS GEOLÓGICOS DEL ESTADO DE VERACRUZ. UNA PROPUESTA METODOLÓGICA

Rodríguez Elizarrarás Sergio<sup>1</sup>, Morales Barrera Wendy Vanesa<sup>2</sup>, Mora González Ignacio<sup>2</sup>, Córdoba Malibrán Erich<sup>2</sup>, Córdoba Montiel Francisco<sup>2</sup> y Torres Morales Gilbert F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología, UNAM  
<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Tierra, UV

sre@unam.mx

Veracruz es un estado costero ubicado en la región centro-oriental de la República Mexicana. Su territorio abarca un área de 72,420 km<sup>2</sup> con una forma alargada muy irregular. Geomorfológicamente está conformado por tres rasgos principales: Sierras cuyas alturas oscilan entre 2,000 y 4,500 m s.n.m. con pendientes abruptas y diseccionadas por valles en forma de v. Extensas mesetas con alturas entre 300 y 2000 m s.n.m., cortadas por profundas barrancas y las planicies costeras que constituyen las zonas más bajas con alturas inferiores a los 300 m s.n.m.

Por lo que respecta a su geología, en el estado de Veracruz afloran prácticamente todos los tipos de roca cuyas edades varían desde el Paleozoico hasta el Reciente. Estas rocas presentan diferentes grados de alteración como resultado de intensos procesos de intemperismo, relacionados con las condiciones climáticas tan peculiares que caracterizan al estado. Como resultado de la diversidad morfológica, geológica y climatológica, el estado de Veracruz es muy vulnerable a los peligros geológicos relacionados con el agua. Por lo anterior, una de las manifestaciones más recurrentes son los deslizamientos de tierra. Por esta razón en este proyecto se propone una metodología para su estudio y zonificación, la cual se desarrollará en tres etapas que básicamente se distinguen por el grado de detalle del estudio.

La primera etapa tiene como punto de partida el análisis regional del territorio, en donde el producto final estará integrado por mapas de peligros escala 1:250,000. Las zonas de medio y alto peligro identificadas serán objeto de estudio para la segunda fase, la cual consistirá en la elaboración de mapas de peligros escala 1:50,000, que a su vez permitirán pasar a la siguiente etapa, cuyo objetivo será la realización de mapas a escala municipal y local. Los principales aspectos naturales que se abordarán en cada una de las etapas son: la geología, geomorfología, hidrología y climatología. Además de considerar los factores antrópicos. Con este análisis se conformará un conjunto de mapas temáticos que permitirá definir una zonificación de sitios con alto, medio y bajo peligro. Toda la información que se genere se integrará y manejará en un Sistema de Información Geográfica en el que se actualizarán permanentemente los datos.

SE06-35 CARTEL

### EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO DE LAS PRINCIPALES INSTALACIONES VITALES EN AVENIDA CENTENARIO DE LA DELEGACIÓN ÁLVARO OBREGÓN, MÉXICO, D. F.

Eulogio Luna Bonifacio<sup>1</sup>, Novelo Casanova David A.<sup>1</sup> y Salazar Peña Leobardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>2</sup>Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN  
bgeofisico@gmail.com

En la delegación Álvaro Obregón del Distrito Federal, se destaca que en algunas zonas de la demarcación existen casas-habitación con alta vulnerabilidad estructural: no cuentan con cimentaciones firmes, sufren evidentes deterioros en paredes y techos, están construidas de material precario y gran número de ellas presentan hacinamiento.

En el aspecto geológico, esta Delegación presenta numerosas variaciones topográficas, grandes laderas, barrancos, cause de ríos y escurrimientos fluviales en diversos lugares durante la temporada de lluvias. Asimismo, se han ubicado numerosas oquedades correspondientes a antiguas minas de pómez y de arena que subyacen a unos metros de las casas habitación.

En el caso de la ocurrencia de sismos de magnitudes comparables a los de 1985 es de esperarse que por su importancia, las instalaciones vitales de la zona permanezcan sin alteración.

En el presente trabajo se analiza la capacidad estructural de las instalaciones vitales para soportar sismos de magnitudes considerables, si los sitios donde están construidas las instalaciones vitales reúnen las condiciones geológicas adecuadas para afrontar la propagación de ondas de un sismo fuerte.

Una instalación vital se considera como "Aquella edificación que en caso de una crisis por efecto sísmico permanece sin daño considerable, brindando a la población antes, durante y después del fenómeno los servicios que le son inherentes. Ejemplo de instalaciones vitales son: hospitales, escuelas, sedes gubernamentales, estaciones eléctricas, bomberos, templos.

En este estudio se evalúa el riesgo sísmico en la zona de interés. Los resultados se presentan en un mapa en el que se visualiza el grado de vulnerabilidad de las instalaciones vitales y el efecto de sitio como consecuencia de la amenaza sísmica. De manera particular se realiza un estudio de riesgo de las principales instalaciones vitales de la Avenida Centenario de la Delegación Álvaro Obregón en México Distrito Federal (que puede hacerse extensiva a toda la demarcación).

Para obtener el efecto de sitio, se realizó una microzonificación de la zona utilizando ruido ambiental y con ello un mapa de isoperíodos. Para determinar la vulnerabilidad estructural, se midió el periodo natural de movimiento de la instalación vital, y se consideraron algunos aspectos básicos estructurales de las instalaciones vitales.

Los resultados, serán útiles para la toma de decisiones en acciones preventivas o de mitigación de los efectos de este fenómeno natural.

SE06-36 CARTEL

### FACTORES DETONANTES DE LOS DESLIZAMIENTOS DE 1998 EN MOTOZINTLA, CHIAPAS, MÉXICO

Sánchez Núñez Juan Manuel<sup>1</sup> y Macías José Luis<sup>2</sup><sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

jmsanchezn2004@yahoo.com.mx

El cambio climático global en conjunto con fenómenos como El Niño y La Niña traen consigo una serie de desajustes en los patrones de varios fenómenos naturales, principalmente en el ciclo hidrológico, lo anterior trae como consecuencia que se agudicen las estaciones de sequías, precipitaciones pluviales, inundaciones y humedad de la atmósfera. El fenómeno hidrometeorológico ocurrido en Motozintla en 1998 obedece a estas alteraciones globales, de tal forma que este suceso ha pasado a la historia como uno de los eventos más devastadores en varias décadas y la experiencia vivida en el estado de Chiapas no tiene precedentes. Fueron afectados muchos municipios de la Costa y Soconusco, así como la región de la Fraylesca y la región Sierra. La alta vulnerabilidad de la zona de estudio ante precipitaciones pluviales extraordinarias depende más de las características físicas de la región, y de las condiciones socioeconómicas de la comunidad que de la severidad de los eventos meteorológicos. El objetivo de este trabajo es la caracterización de la catástrofe ocurrida en Motozintla, el estudio se aborda desde varios puntos de vista: el cambio climático global, la situación geográfica, las actividades antropogénicas; las características geológicas y se enfatizan los fenómenos de deslizamientos y el peligro que éstos representan para la población.

En el mes de septiembre de 1998, se verificaron en todo el estado de Chiapas lluvias torrenciales que en algunos casos se prolongaron hasta por 3 días continuos; lo que provocó uno de los mayores desastres de la historia de la región. Dentro de lo trágico del desastre, éste representó una oportunidad para estudiar este tipo de fenómenos, ya que en éste municipio se destruyeron más de 1,800 casas, quedaron sin techo más de 8,000 personas y algunos poblados prácticamente desaparecieron. El Fenómeno hidrometeorológico fue provocado por las tormentas tropicales "Earl", "Isis" "Javier" y ondas tropicales provenientes de las costas del océano Pacífico y del Golfo de México. Las precipitaciones extraordinarias registradas en los primeros días del mes de septiembre provocaron innumerables derrumbes, deslaves, crecimiento de los cauces de los ríos y su consecuente desbordamiento. En el estudio también se describen los diferentes fenómenos involucrados con el fin de extrapolarse a otras regiones del país; pues los deslizamientos de sedimentos se verifican en zonas con topografía abrupta e intensa precipitación pluvial, elementos presentes en muchas regiones de México.

SE06-37 CARTEL

### AVANCES EN EL ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS EN EL CAÑÓN EL HUAJUCO (LA ESTANZUELA) AL SURESTE DEL ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY, NUEVO LEÓN, MÉXICO

Lemus Alarcón Oscar Roberto, Chapa Arce Rosbell Ivan, García Puente Daniel Martín, Garza Vela Luis Alberto, Chapa Guerrero José Rosbel, Méndez Delgado Sóstenes y Ibarra Martínez Sergio Eduardo

Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

azulverdegt@yahoo.com

En los últimos años, el área metropolitana de Monterrey ha experimentado un gran crecimiento demográfico a causa de que es una de las ciudades más importantes del noreste de México. El antiguo patrón de crecimiento caracterizado por la concentración de la población en grandes ciudades hace que Monterrey sea la tercera ciudad más grande del país, contando con una población de 4 millones de habitantes. Por otro lado, a falta de vivienda, la ciudad se ha expandido de forma desorganizada hacia zonas vulnerables a la ocurrencia de desastres sobre las laderas naturales de la Sierra Madre Oriental.

Entre las zonas que se consideran que están expuestas a riesgos geológicos se pueden enumerar: (1) las laderas de la Sierra Madre Oriental; (2) las laderas del Cerro de las Mitras; (3) El Cerro del Topo Chico; (4) las laderas del Cerro de la Silla; (5) las laderas del Cerro de la Loma Larga; (6) en las márgenes del Cerro el Mirador y (7) últimamente en el cañón del Huajuco.

El área de estudio se encuentra en la zona conocida como cañón del Huajuco, la cual se ubica al sureste del cuadro urbano del área metropolitana de Monterrey. Es importante señalar que esta región ya se encuentra en gran medida urbanizada, por lo que es de suma importancia contar con un estudio geológico-morfológico para determinar y clasificar las posibles zonas de riesgos geológicos con la finalidad de prevenir posibles desastres o realizar las medidas de saneamiento en las áreas ya afectadas.

La metodología que se aplica para la elaboración del estudio en el cañón el Huajuco consta de una clasificación de zonas geológicas homogéneas y zonas de pendientes, las cuales posteriormente se traslapan para determinar zonas de riesgos geológicos. Por otro lado, se llevan a cabo estudios de estabilidad de taludes existentes para determinar las zonas de deslizamiento en taludes naturales y artificiales, evaluando los problemas geotécnicos del área para determinar las diferentes zonas de riesgo. Así mismo, se aplican métodos geofísicos para corroborar los aspectos geológicos del área de estudio.

SE06-38 CARTEL

### SISMICIDAD DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL DE DICIEMBRE DE 2004 A AGOSTO DE 2008

Martínez Bringas Alicia, Alarcón Ferreira Ana María y Morquecho Zamarripa César

Centro Nacional de Prevención de Desastres

amb@cenapred.unam.mx

El volcán Popocatepetl es un estratovolcán andesítico con una altura de 5452 msnm, se localiza en la parte central de México. La historia eruptiva de este volcán ha mostrado diversas formas de actividad, numerosas erupciones de carácter menor, algunas mayores y algunos grandes eventos de tipo Pliniano.

En diciembre de 1994 inició el más reciente episodio eruptivo que continúa hasta la fecha. Durante este período la actividad del volcán Popocatepetl ha sido continua aunque con variaciones en su intensidad. De 1994 a agosto de 2003, la actividad del volcán se caracterizó por frecuentes eventos de tipo LP, llegando a registrarse en algunas ocasiones, hasta más de 200 por día, eventos volcánico-tectónicos, episodios de temblores de diferentes tipos, amplitudes y duraciones, así como gran cantidad de exhalaciones y explosiones, esta actividad estuvo relacionada con la formación y destrucción de domos. En el mes de septiembre de 2003, se observó una abrupta reducción en el nivel de actividad del volcán llegando a un nivel casi nulo. El número de LP disminuyó considerablemente, la actividad volcánico-tectónica se mantuvo baja y hubo una ausencia total de temblores, exhalaciones y explosiones, este nivel de actividad se mantuvo hasta mediados de diciembre de 2004. A partir de esta fecha, la actividad del volcán se ha ido incrementado lentamente, mostrando durante los últimos 4 años una actividad reducida y aproximadamente uniforme. Asimismo, desde julio de 2005 a la fecha, ha estado creciendo irregularmente un domo de lava en el interior del cráter a una tasa media muy baja. En este trabajo se presenta un panorama de la sismicidad registrada de diciembre de 2004 a agosto de 2008, período durante el cual se registraron aproximadamente 70,000 eventos tipo LP; 483 VT con magnitudes entre 1.5 y 3.0 y profundidades de 3 a 11 km; 284 horas de tremor de diferentes tipos y amplitudes; 45 exhalaciones que han producido emisiones de ceniza de entre 1 y 3 km de altura y 34 explosiones de pequeña a moderada intensidad.

SE06-39 CARTEL

### **“ANÁLISIS DE RIESGO POR HELADAS EN LOS CULTIVOS DE LAS ZONAS SERRANAS DE VERACRUZ IGNACIO DE LA LLAVE”**

González Cárdenas J. Rubén y Magaña Rueda Víctor

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

tupac\_amaru99@yahoo.com

Dada la gran diversidad de climas y suelos que representa nuestro país, prácticamente no existe región donde el productor agrícola esté libre del riesgo de sufrir pérdidas debido a factores climáticos, ya sea por sequías, heladas, granizo o inundaciones entre otras adversidades. El estado de Veracruz Ignacio de la Llave es un buen ejemplo de ello.

¿Por qué es necesario implementar una estrategia de gestión de riesgos en las actividades agrícolas? Un productor que no adopte una estrategia de reducción de riesgo a comienzos de la campaña de producción, sufrirá –ante la ocurrencia de un siniestro– una reducción o una pérdida total de su producción y/o de sus ingresos. En tal caso, para que ese productor pueda continuar con el ciclo de producción debe recurrir al endeudamiento para recomponer su capacidad reproductiva y reiniciar el ciclo en la siguiente campaña. Si no se adopta una estrategia de gestión del riesgo adecuada, esta situación se repite hasta un momento dado en que, o bien por la reiteración de fenómenos un año tras otro, o bien por la propia intensidad del fenómeno, su capacidad de endeudamiento es tal que no le permite endeudarse más y por lo tanto se ve obligado a abandonar la actividad.

Por lo tanto la importancia fundamental de las estrategias de gestión del riesgo en el sector agrícola radica entonces en la capacidad que otorga al productor de mantenerse en la actividad agrícola, no viéndose forzado a interrumpir su ciclo de producción.

En base a un análisis de las condiciones climáticas y de las características fisiológicas de cultivos vulnerables a las bajas temperaturas así como de la etapa de vida del cultivo (germinación, florecimiento, fruto), se construye un escenario de riesgo para el sector agrícola en zonas altas del estado de Veracruz Ignacio de la Llave, se proponen umbrales de riesgo que den pie a la etapa de emergencia.

Los cultivos más afectados son aquellos que son madurados y/o cosechados en el ciclo otoño-invierno que en el caso de Veracruz son el frijol, la papa, el maíz y otros.

Se muestra también que existe un cambio en la tendencia de la temperatura mínima en algunas zonas altas de Veracruz variando el patrón climático local, que afecta en la distribución espacial original del riesgo.

SE06-40 CARTEL

### **AVANCES SOBRE LOS ESTUDIOS DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA EN LA CIUDAD DE LAZARO CÁRDENAS, MICHOACÁN, MEXICO**

García Rangel Gerardo<sup>1</sup>, Vázquez Rosas Ricardo<sup>2</sup>,  
Aguirre González Jorge<sup>2</sup>, Garduño Monroy Víctor  
Hugo<sup>1</sup> y Hernández Madrigal Víctor Manuel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM

canuto8@hotmail.com

Los antecedentes sísmicos y su continua sismicidad, la Ciudad de Lázaro Cárdenas es una de las zonas urbanas que están más sujetas a un riesgo sísmico en las costas de Michoacán. Su población creciente y su desarrollo industrial hacen que dicha zona urbana sea una prioridad en los estudios de microzonificación sísmica.

Estos trabajos se realizan siguiendo el método de Nakamura, el cual aprovecha la vibración ambiental que se puede registrar en todo momento y no esperar a sismos importantes que me den información a veces tardía en este campo de los riesgos sísmicos.

La ciudad de Lázaro Cárdenas fue dividida en varios triángulos equiláteros, donde en cada vértice se realizó registro de vibración ambiental durante 15 minutos.

Seguramente que después de analizar los datos levantados se obtendrán mapas para conocer especialmente las posibles aceleraciones del terreno, determinar los periodos dominantes y los isoperiodos.

Aunado a este trabajo se está llevando a cabo una recopilación del subsuelo que me ayude a encontrar las relaciones directas entre los isoperiodos y los diferentes tipos de litologías.



SE06-41 CARTEL

**PROBLEMÁTICA DE ECOSISTEMAS  
COSTEROS DE LA REGION DE MANZANILLO**

González Chavarín I.<sup>1y2</sup>, Arrieta Guzmán J. J.<sup>1y2</sup>,  
Chávez Comparan J. C.<sup>1y2</sup>, Morales Blake A.<sup>1y2</sup>,  
Lezama Cervantes C.<sup>1y2</sup> y Ortíz Lira H.<sup>1y2</sup>

<sup>1</sup>*Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima*

<sup>2</sup>*Instituto Oceanográfico del Pacífico, Secretaría de Marina*

Por medio de Sensores remotos se analizaron los cambios de uso de suelo que han afectado la hidrología de dos cuerpos de agua del Municipio de Manzanillo, Colima; Laguna de San Pèdrito y Laguna de Juluapan. Los Manglares se encontraron con marcadas diferencias respecto a los otros ecosistemas costeros dentro de la región estudiada ya que se identificaron bosques de mangle con individuos mayores a 15 m, actualmente los datos de la población del mangle en el municipio de Manzanillo, y zonas aledañas, son poco confiables. La problemática que se encontró se debió por un lado a la falta de vigilancia y por el otro, a la utilización del mangle por parte de la población vecina como un recurso maderable para construcciones rurales, así como su utilización en las artes de pesca para el camarón específicamente en las áreas de tapos y como áreas de cría de especies en los diferentes humedales. Se observó que la importancia del manglar esta vinculada con el aspecto ecológico y socioeconómico en la Zona Costera Colimense, ya que protege las larvas y estadios juveniles de varias especies de peces, moluscos y crustáceos explotados comercialmente, sistema que desempeña un papel ecológico muy importante ya que es considerada como área de alimentación y anidación de diversos grupos de aves migratorias, así como al litoral del oleaje y sirve como regulador del transporte de sedimentos contribuyendo con nutrientes y material orgánico para una productividad primaria y secundaria en la zona costera.

Sesión Especial

**Tectonic processes at the active  
Middle American continent-ocean  
margins during the Phanerozoic**

Organizadores:  
Duncan Keppie  
Dante Morán  
Fernando Ortega

SE07-1

### A PLATE TECTONIC MODEL FOR THE FORMATION OF GORGONA ISLAND (COLOMBIA) AND THE CARIBBEAN LARGE IGNEOUS PROVINCE – ANOTHER NAIL IN THE PLUME COFFIN?

Serrano Durán Lina<sup>1</sup>, Ferrari Luca<sup>1</sup>, López  
Martínez Margarita<sup>2</sup> y Petrone Chiara M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE

<sup>3</sup>Department of Earth Sciences, Cambridge University, UK

lina@geociencias.unam.mx

The Caribbean oceanic plateau is considered the result of short-lived (few m.y.) period of intense submarine volcanism as a result of the initial melting of the Galapagos plume head at ~92-89 Ma. After its formation the Caribbean plateau interacted with South America and some fragments were accreted to the continent where are now exposed in western Ecuador and Colombia. Collectively, the irregularly thickened oceanic crust of the Caribbean Sea and the accreted oceanic fragments are called the Caribbean Large Igneous Province (CLIP). The association of the CLIP to a plume is problematic. Plate reconstructions and geodynamic considerations rule out the Galapagos hotspot as being the source of the plateau. In fact, if fixed in a mantle reference frame, the Galapagos hotspot would have been located about 1,000 km west of the site of excess magmatism that formed the CLIP, also no seismic velocity anomaly is observed at the required location in upper mantle. Furthermore, if a plume formed the CLIP, it have had to cross an active subduction zone (Costa Rica) to arrive at the present location, something very unlikely from the geodynamic point of view.

The island of Gorgona, off the Pacific coast of Colombia, represents one of the less deformed and last accreted piece of the CLIP. The high degree of mantle melting implied by its rare ultramafic rocks (komatiites and picrites) is one of the main arguments supporting a mantle plume origin for the CLIP. However, trace element and isotope geochemistry are similar to MORB and the depleted varieties were related to recycled oceanic lithosphere. Additionally, high volatile contents (H<sub>2</sub>O, B, Cl) in olivine melt inclusions suggest interaction with subduction fluids. From samples of uncertain location, Gorgona rocks were assumed to be ~88 Ma old based on a three-step plateau age of 87.9±2.1 Ma and a poorly constrained (three steps) isochron of 86.1±6.1 Ma. Here we present a new set of 40Ar-39Ar ages for Gorgona that document a much longer period of magmatism, from ~92 to ~69 Ma and allow to deduce, for the first time, the compositional evolution of Gorgona magmatism with time. Our age controlled samples show a progressive depletion in incompatible-element abundances with time, which may be modeled as a corresponding increase in degree of melting of a heterogeneous source. Relative motion between North and South America was characterized by a component of divergence between ~100 Ma and ~66 Ma. Therefore the proto-Caribbean spreading ridge must have intersected the Great Caribbean arc during this period. The resulting slab window is still imaged in tomography. In accordance with the parsimony principle we conclude that the genesis of the Gorgona and the Caribbean plateau is more simply and elegantly explained by dynamic melting of upwelling mantle within a Late Cretaceous slab window than by an ad hoc, presently unknown, heterogeneous, and wet mantle plume. This model may also explain the widespread association of Archean komatiites with island arc rocks.

SE07-2

### XENOLITOS LARAMÍDICOS EN FACIES DE GRANULITA DE LA CORTEZA INFERIOR BAJO EL CAMPO VOLCÁNICO DE VALLE DE SANTIAGO, GUANAJUATO

Ortega Gutiérrez Fernando<sup>1</sup>, Solari Lobato Luigi<sup>2</sup>, Gómez Tuena  
Arturo<sup>2</sup>, Elías Herrera Mariano<sup>1</sup>, Macías Romo Consuelo<sup>1</sup>,  
Reyes Salas Margarita<sup>1</sup> y Dávalos Elizondo María Guadalupe<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, UNAM

fortega@servidor.unam.mx

Resultados geocronológicos obtenidos en zircones de un xenolito charnockítico (Opx-Pl-Kfs-Qtz-Bt) del maar de Rincón de Parangueo por medio de ELA-ICPMS, identifican claramente un pico mayor a los 65.5 Ma y algunos muy escasos del Cretácico Inferior y Eoceno. Considerando los valores bajos de la relación Th/U (0.03-0.87) de los zircones fechados, se presume que son de origen metamórfico o bien magmático modificados por el metamorfismo de facies de granulita que los afectó. Al estar contenidos en una roca basáltica con xenolitos de granulitas máficas (Ol-Pl-Opx±Cpx±Spl) equilibradas a presiones máximas de 7-8 kbar (20-25 km), se asumen condiciones similares para el metamorfismo del xenolito félsico fechado. El carácter ortognésico y composición granítica de éste y otros xenolitos félsicos, aunado a la falta de zircones heredados de corteza antigua, demuestran la formación de corteza continental juvenil profunda durante la orogenia laramídica en esta región bajo la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM).

Por otro lado, la ausencia de zircones precámbricos y la presencia de uno sólo del Paleozoico (Cámbrico), podrían indicar la falta total de corteza precámbrica o paleozoica por lo menos en los primeros 20-25 km bajo la estructura volcánica de Valle de Santiago. Esta interpretación es consistente con un modelo tectónico propuesto recientemente que delimita la presencia de corteza precámbrica bajo el sector central de la FVTM al oriente de un lineamiento gravimétrico de dirección NNE, ubicado unos 200 km al W de la ciudad de México. Este lineamiento estaría separando una corteza gruesa (>40 km) y antigua, de una más delgada (<35 km), pero también más joven. Las edades precámbricas modelo Sm-Nd obtenidas con anterioridad en xenolitos máficos de Valle de Santiago y uno félsico en la Caldera de Amealco, se pueden explicar por asimilación de sedimentos subducidos, o bien por contaminación con la parte basal de una corteza inferior de edad precámbrica o paleozoica, probablemente sepultada a profundidades >25 km indicadas por las paragénesis metamórficas de los xenolitos máficos. Infortunadamente, no se han encontrado zircones en éstos últimos para determinar su edad, pero se presume que proceden de cámaras magmáticas basálticas relacionadas con la FVTM y estacionadas cerca del límite superior de la corteza inferior, donde se dieron procesos de cristalización fraccionada y luego recristalización en estado sólido granulitizando parcial o totalmente las rocas gabróicas originales.

Se concluye que una parte sustancial de la corteza continental debajo de la región central del arco magmático mexicano pudo haber sido formada en los últimos 45-70 Ma años por procesos de implantación plutónica de magmas de subducción que no alcanzaron la superficie.

SE07-3

### DIFFERENTIATION PROCESSES IN THE OLIGOCENE INTERMEDIATE VOLCANISM OF WESTERN OAXACA, SOUTHERN MEXICO, AS INFERRED FROM TRACE ELEMENT BEHAVIOR AND ISOTOPIC SIGNATURES

Martiny Barbara<sup>1</sup>, Cebriá José María<sup>2</sup>,  
López Ruiz José<sup>2</sup> y Morán Zenteno Dante<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, España

martiny@servidor.unam.mx

Subduction related volcanic rocks in western Oaxaca consist of early Oligocene (~33–29 Ma) andesitic to basaltic-andesite lavas and hypabyssal intrusions. Coherent linear trends in variation diagrams of major and trace element vs. SiO<sub>2</sub>, subparallel trends in REE and multi-element diagrams, and similar Sr, Nd and Pb isotope ratios suggest that both series (that is, lavas and hypabyssal intrusions) are derived from a similar source and are related by the same magmatic processes. Geochemical modeling was used to constrain these processes. The coherent linear trends can be explained by fractional crystallization, which was probably accompanied by minor assimilation of radiogenic crust, as suggested by the correlation between Sr and Nd isotopes and the degree of differentiation, expressed in SiO<sub>2</sub> wt (%). The nature of the mantle in this region during Oligocene is not known and no true primitive magmas have been identified, therefore, the starting point in the calculations (mafic component) was selected from the differentiation trend defined by the analyzed rocks and corresponds to one of the most primitive rocks collected (basaltic-andesite). Pb isotopes display linear arrays in 207Pb/204Pb vs. 206Pb/204Pb and 208Pb/204Pb vs. 206Pb/204Pb diagrams, which are interpreted as mixing lines between a mafic component in the mantle and a homogenous radiogenic component. In these diagrams, mixing lines point toward the field of gneissic xenoliths from the nearby locality of Puente Negro, Puebla, suggesting that the isotopic composition of the radiogenic component assimilated by the Oligocene volcanic rocks is similar to that of these xenoliths. The radiogenic component used in the modeling corresponds to one of these gneissic xenoliths, selected on the basis of trace elements and isotopic relations.

Preliminary geochemical modeling suggests two stages of differentiation. Although in log(Th)-log(y) diagrams some elements exhibit either compatible or incompatible behavior throughout the entire differentiation process, several elements display an abrupt change in slope, initially with incompatible and later compatible behavior (e.g. Ba, Sr, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), which probably corresponds to the initiation of crystallization of one or more mineral phases with high mineral/liquid partition coefficients for the element of interest. In a one stage assimilation-fractional crystallization (AFC) model using Sr isotope ratio - Sr concentration diagrams, data points are highly dispersed and values of r (assimilation rate/fractionation rate) and F (fraction of melt remaining) are unlikely, making it improbable that a one stage AFC process alone could explain the evolution of the magma from the specified initial composition. The data distribution hints at two distinct processes. Sr isotope ratios and Sr concentrations increase in the first stage, which probably corresponds to AFC. During the second stage Sr concentrations decrease and Sr isotope ratios show little variation, remaining at maximum values; Sr behaves as a compatible element and it is likely that this stage corresponds to simple FC. In a Th vs. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> diagram, using the same parameters for r and F as in the Sr vs. Sr isotope ratio

diagram, the data points also fit a curve defining a two-stage process, thus confirming this model.

SE07-4

### ORIGEN DEL VOLCANISMO SILÍCICO DEL EOCENO-OLIGOCENO TEMPRANO EN LA PORCIÓN NORTE-CENTRAL DE LA SIERRA MADRE DEL SUR: CONTROLES PETROGENÉTICOS Y CONTRASTES CON EL VOLCANISMO INTERMEDIO DEL OESTE DE OAXACA

Morán Zenteno Dante, González Torres Enrique, Martiny Barbara,  
Díaz Bravo Beatriz A., Chapela Lara María y Roberge Julie

Instituto de Geología, UNAM

dantez@servidor.unam.mx

Los pulsos de volcanismo silíceo voluminoso en zonas de arco han sido recientemente objeto de una mayor atención, no solo por la importancia que tiene la volcanología de las supererupciones asociadas al desarrollo de calderas, sino por el papel que ha jugado este tipo de magmatismo en los procesos de diferenciación interna de la corteza continental. En México, el volcanismo silíceo representa una serie de episodios muy característicos de periodo Eoceno-Mioceno temprano que se extendieron desde la Sierra Madre Occidental hasta la Sierra Madre del Sur y que se desarrollaron por la subducción de la extinta Placa de Farallón.

En la parte norte-central de la Sierra Madre del Sur, el volcanismo silíceo del Eoceno tardío está representado por al menos 10 centros volcánicos que incluyen calderas con diferentes estilos de colapso. Estos centros se encuentran parcialmente exhumados y en conjunto tienen un volumen preservado aproximado de 3000 km<sup>3</sup>. La asociación espacial y temporal de los centros volcánicos con volcanismo intermedio de menor volumen sugiere un conexión genética. Los valores de las relaciones isotópicas de Sr, Nd y Pb y los rasgos texturales de las ignimbritas y rocas lávicas silíceas, en relación a las rocas intermedias de esta región, indican que normalmente no convivieron en cámaras magmáticas superficiales, sino que representan distintos batches con diferente grado de diferenciación provenientes de la corteza inferior-media. Los modelos petrogenéticos preliminares sugieren que los magmas riolíticos de esta región pueden derivarse de procesos de asimilación-cristalización fraccionada (AFC) a partir de las rocas andesíticas, sin embargo la naturaleza de la componente cortical no ha sido todavía bien constreñida.

La abundancia de rocas volcánicas silíceas del sector Huautla-Nanchititla contrasta con la abundancia de rocas andesíticas y andesítico basálticas oligocénicas del occidente de Oaxaca. Las rocas volcánicas del primer sector representan un volumen total ligeramente menor que las rocas del segundo sector. Ambos sectores cubren áreas de extensión similar y fueron emplazadas en intervalos de tiempo similares. Esta situación ofrece la oportunidad de hacer un análisis comparativo para realizar inferencias sobre los factores que determinan la formación de flare ups silíceos en ciertas zonas de arco.

Dentro de los factores que se han invocado para la formación de pulsos silíceos voluminosos se encuentran: i) altas tasas de inyección de magmas máficos provenientes del manto y la consecuente maduración térmica de la corteza inferior ii) gruesos espesores corticales; iii) regímenes de extensión favorables iv) duración del volcanismo de arco vi) características y composición favorable de la corteza en la placa superior. La distribución del volcanismo silíceo en la Sierra Madre del sur en relación a

los terrenos subyacentes, así como las firmas isotópicas de los diferentes sectores sugieren que uno de los principales controles para la formación del flare up de ignimbritas silícicas es la presencia de una corteza máfica inferior metasomatizada. Este segmento máfico de corteza se habría adicionado y engrosado durante el volcanismo de arco mesozoico del Terreno Guerrero y el posterior acortamiento orogénico.

Sesión Especial

# **Redes de observatorios geofísicos**

Organizador:  
Carlos Valdés

SE08-1

## LA RED SÍSMICA DEL NOROESTE DE MÉXICO: 30 AÑOS DE FUNCIONAMIENTO

Vidal Villegas José Antonio, Orozco León Luis Raúl, Gálvez Valdéz Jesús Oscar, Méndez Figueroa Ignacio, Farfán Sánchez Francisco Javier y Arregui Ojeda Sergio Manuel

*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*

vidalv@cicese.mx

La Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM), cuyo propósito es el de registrar la sismicidad del noroeste de México, fue diseñada e iniciado su proceso de instalación en 1977. Con la ocurrencia del enjambre del sismo de Victoria del 9 de junio de 1980 (Mag. 6.1) se inició el registro efectivo de la sismicidad de la región. Actualmente RESNOM está formada por 10 estaciones de periodo corto (1 s), 4 de banda ancha (0.01 to 50 Hz) y una estación de periodo largo (15 s) y la transmisión de las señales sísmicas se realiza mediante un sistema combinado de enlaces de radio e Internet. Esto ha permitido establecer varios nodos o centros de recepción inspeccionados por un nodo central ubicado en la ciudad de Ensenada, Baja California. Por ejemplo, para registrar la sismicidad de la región La Paz – Los Cabos, el 9 de diciembre de 2006 instalamos una estación en La Paz, Baja California Sur. La información registrada por esta estación se recibe en el nodo de la Paz (ubicado en las instalaciones del CIBNOR) y de ahí se recupera en el nodo central en tiempo casi real. Una de las características en RESNOM ha sido el realizar desarrollos propios tanto en programación como en instrumentación. Estos desarrollos complementan a la instrumentación adquirida para la red (sismómetros, equipo de grabación). Un ejemplo, lo constituye la programación desarrollada en cada nodo (bajo el ambiente del sistema operativo Linux) para: la captura de datos (con base en cocientes STA/LTA) y la visualización de la señal en tiempo real. En lo que respecta a instrumentación estamos trabajando en incrementar el rango dinámico de las señales de periodo largo de 72 a 96 Db (12 a 16 bits), de ello discutiremos resultados. Con respecto a los productos obtenidos con el funcionamiento de la red podemos mencionar: i) boletines de información sísmica, catálogos, Reporte Sismológico (enfocado hacia un público general y autoridades de protección civil) y servicios de divulgación en sismología. Estos productos y servicios están disponibles en línea (<http://sismologia.cicese.mx/resnom>). ii) fuente de datos para trabajos de investigación; un ejemplo reciente es el envío de series de tiempo a un estudiante de postgrado de la Universidad del Sur de Florida, USA. iii) Acciones de cooperación nacional e internacional con otras instituciones para el intercambio de información. Con instituciones nacionales como el CENAPRED y el SSN, con las que hemos intercambiado catálogos y series de tiempo. Con instituciones internacionales como el ISC y el NEIC, a las que proporcionamos tiempos de arribo y boletines.

¿Hacia dónde vamos? i) Trabajar en el proceso de localización automática, ii) incrementar la cobertura geográfica del noroeste de México e iii) intercambiar en tiempo real series de tiempo con otras instituciones.

SE08-2

## LAS REDES SISMOLOGICAS DE BANDA ANCHA DE LA REGION DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MEXICO (RESBAN Y NARS-BAJA), EXPERIENCIAS Y RESULTADOS

Castro Escamilla Raúl, Pérez Vertti Arturo, Mendoza Camberos Antonio y Inzunza Romero Luis

*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*

raul@cicese.mx

Las primeras dos estaciones de la Red Sísmologica de Banda Ancha (RESBAN) se instalaron en 1995 en Bahía de los Ángeles, Baja California y en Guaymas, Sonora (Rebollar et al., 2001). Estas estaciones consisten de sismómetros Streckeisen STS-2 y grabadoras Reftek DAS 130. Actualmente esta red cuenta con ocho estaciones, la mayoría con sismógrafos Guralp y sensores 3ESP y 40T, distribuidas en Baja California norte, Sonora y Sinaloa.

Con el objeto de mejorar el monitoreo de la sismicidad del Golfo de California en 2002 el CICESE, la Universidad de Utrecht y el Instituto Tecnológico de California (CALTECH) instalaron la red de sismógrafos de registro autónomo (NARS-Baja). Esta red consiste de 14 estaciones de banda ancha instaladas en ambos lados del Golfo de California (Trampert et al., 2003). Las estaciones de la red NARS-Baja están equipadas con sensores STS-2, grabadora, receptor de GPS y una laptop que controla la adquisición de datos y el tiempo. Las estaciones de esta red junto con las de RESBAN tienen un espaciamiento de entre 100 y 150 km. La distribución de las estaciones de estas dos redes de banda ancha ha permitido realizar diversos estudios relacionados con la estructura de la corteza y del manto superior, de la anisotropía sísmica y estudios de la fuente sísmica de eventos localizados en la región del Golfo de California (López-Pineda et al., 2006; Obrebski et al., 2006; Clayton et al., 2006; Zhang et al., 2007; Obrebski y Castro, 2008; van Benthem et al., 2008; Rodríguez-Lozoya et al., 2008).

En este trabajo describiremos las experiencias que hemos tenido durante la operación de estas redes y algunos de los resultados obtenidos.

Agradecimientos: La instalación y operación de red RESBAN se ha realizado gracias al apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) mediante los proyectos 37038-T y 48852, y al parcial financiamiento de la Universidad de Utrecht y de CALTECH. La operación y adquisición de datos de la red NARS-Baja ha sido posible gracias a Robert Clayton, Jeannot Trampert y Arie van Wettum.

SE08-3

## SISMICIDAD REGISTRADA POR LA RED DE SISMOGRAFOS DE FONDO OCEANICO (SCOOPA ) EN LA REGION SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MEXICO

Wong Ortega Víctor, Castro Escamilla Raúl, Huerta López Carlos y Mendoza Camberos Antonio

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

vwong@cicese.mx

El Golfo de California (GoC) es un límite de placas activo y geológicamente joven que liga las fallas transcurrentes del sistema San Andreas en California con el sistema de dispersión oceánico del Pacífico oriental. El GoC en México es uno de

los pocos lugares en el mundo donde es posible observar y monitorear estos procesos y la sismología de fuentes naturales es la manera más directa para estudiar estos procesos. Para monitorear la actividad sísmica en el GoC se instalaron en octubre de 2005 15 sismógrafos de fondo oceánico (OBS) en la región sur del GoC a través de un proyecto conjunto entre Columbia University, Woods Hole Oceanographic Institution y el CICESE. Los datos del arreglo de OBS, junto con las estaciones de la red NARS-Baja, se complementan y permitió monitorear y caracterizar la sismicidad a lo largo del borde de las placas tectónicas por un periodo de 12 meses. Por esta razón resulta importante integrar las bases de datos de la red NARS-Baja con la base de datos obtenidos con los OBS.

El estudio de la sismicidad permite evaluar la distribución de las fallas y el porcentaje de deformación de la región en extensión. Aunque la red NARS-Baja ha estado operando por cerca de 5 años y en este periodo ha registrado gran cantidad de sismos locales y regionales, no ha sido posible resolver problemas críticos que permitan entender el proceso de ruptura continental, debido a que esta red tiene estaciones alrededor del Golfo, pero no dentro del mismo. La localización y distribución de los OBS en el GoC permite obtener datos adecuados para estimar velocidad, discontinuidades y la estructura inelástica bajo la zona de dispersión del fondo oceánico. Cabe mencionar que el arreglo de OBS se diseñó para complementar las estaciones de la red NARS-Baja y por tanto ofrece una oportunidad única para realizar un estudio de sismicidad sin precedentes.

El análisis de la sismicidad se enfocará en entender procesos que ocurren en la corteza tales como los posibles mecanismos de concentración de esfuerzos, modos de extensión cortical y volcanismo.

Agradecimientos: Este proyecto recibe apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) mediante el proyecto 62116. También agradecemos la participación de Arturo Pérez Vertti y de Luis Inzunza.

SE08-4

### RED SISMICA DEL NORESTE DE SONORA, MEXICO (RESNES), EXPERIENCIAS Y RESULTADOS

Castro Escamilla Raúl<sup>1</sup>, Huerta López Carlos<sup>1</sup>, Jacques Ayala César<sup>2</sup>, Hurtado Díaz Alejandro<sup>2</sup> y Inzunza Romero Luis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE

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

raul@cicese.mx

La Red Sísmica del Noreste de Sonora (RESNES) se instaló entre 2001 y 2002 con el objeto de estudiar la sismicidad asociada con fallas activas localizadas en la margen oeste de la Sierra Madre Occidental. Estas fallas han generado sismos importantes, como el del 3 de mayo de 1887 de magnitud Mw=7.5. La red RESNES esta compuesta por 9 estaciones digitales de periodo corto que se extienden por cerca de 200 km hacia el sur, desde la frontera entre Arizona, Estados Unidos y Sonora, México. Las estaciones de la red son autónomas y registran tres componentes de aceleración mediante acelerómetros triaxiales internos de fuerzas balanceadas (EpiSensors). También registran en un cuarto canal la componente vertical de velocidad con un sensor L4C externo. Las grabadoras de las estaciones son Kinematics modelo K2 con ADC/DSP de 24 bits y un intervalo de muestreo de 200 muestras por segundo, con un rango dinámico de aproximadamente 129 dB. Los instrumentos están instalados

sobre bases de concreto y resguardados por cajas metálicas. El suministro de energía se realiza mediante celdas solares y el control de tiempo mediante un sistema de GPS.

En este trabajo describiremos las experiencias que hemos tenido durante la operación de la red y algunos de los resultados obtenidos.

Agradecimientos: La instalación y operación de red RESNES ha sido posible gracias al apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) mediante los proyectos G33102-T y 59216. También agradecemos la participación de Max Suter, Oscar Romero, Cristina Condori, Antonio Mendoza y Arturo Pérez Vertti.

SE08-5

### MASE: AN EXPERIENCE WITH BROADBAND SEISMIC TEMPORAL STATIONS

Pérez Campos Xyoli<sup>1</sup>, Iglesias Arturo<sup>1</sup>, Husker Allen<sup>1</sup>, Clayton Robert<sup>2</sup> y Pacheco Alvarado Javier<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Seismological Laboratory, California Institute of Technology

<sup>3</sup>Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica

xyoli@geofisica.unam.mx

The MesoAmerican Subduction Experiment (MASE) has involved the installation of 146 broadband temporal seismic stations, in two stages: 1) From December 2004 to June 2007 along a line of 100 stations from Acapulco, Gro., to Tempool, Ver., known as the MASE line; and 2) From June 2007 to June 2009 along a line of 46 stations from San Mateo del Mar, Oax., to Montepío, Ver., known as the VEOX line. Each station included a broadband seismometer Guralp CMG-3T and either a digitizer Reftek-130 or a Quanterra Q330. During the first experiment, 50 stations included a standard computer wireless radio that allowed for station networking and automatic transfer of data from the stations to the repository. The selection of the sites sometimes had to compromise good data quality for the safety of the equipment or line-of-site radio communication. The setup of the sites was designed to reduced temperature and pressure variations as well as cultural noise. During the operation period, we faced diverse problems such as hurricanes, floods, equipment failure, or vandalism. In addition, the software for the radio linked stations was still in the development phase when installed leading extended maintenance and at times poorer data quality. The objective of this work is to share with the community what we learned from this experience in order to improve in the future the design of portable stations, and guarantee a reliable set of data.



SE08-6

### ARCHIVING AND DISTRIBUTING DATA FROM SEISMIC NETWORKS

Clayton Robert<sup>1</sup>, Valdés González Carlos<sup>2</sup>, Pérez Santana  
Jesús<sup>3</sup>, Rodríguez Rasilla Iván<sup>3</sup> y Pérez Campos Xyoli<sup>2</sup>

<sup>1</sup>California Institute of Technology, USA

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

<sup>3</sup>Servicio Sismológico Nacional

clay@gps.caltech.edu

The value of data recorded on temporary and permanent networks often extends far beyond the original intent. The key to ensuring that these data can be used to their maximum potential is to make them easily obtainable by researchers. In this paper, a simple system for archiving and serving seismic data is described. With the availability of cheap storage systems and high-speed networks, all the seismic data can be kept online with the data retrieval occurring in a matter of seconds. The system has been used to archive data from the recent MASE (Meso-America Subduction Experiment), VEOX (Veracruz-Oaxaca line), MARS (Mapping the Rivera Subduction Zone) and NARS-Baja surveys, and from the permanent SSN (Servicio Sismológico Nacional) network. It is a simplified version of the system that has been used by the Southern California Seismic Network for the past decade.

SE08-7

### LA RED SÍSMICA DEL VALLE DE MÉXICO: MODERNIZACIÓN Y CRECIMIENTO

Quintanar Robles Luis, Jiménez Jiménez Zenón,  
Cárdenas Ramírez Arturo y Rodríguez Abreu Luis Edgar

Universidad Nacional Autónoma de México

luisq@ollin.geofisica.unam.mx

Creada en 1993, con el financiamiento del Departamento del Distrito Federal, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y manejada por el Instituto de Geofísica, la Red Sísmica del Valle de México (RSVM) fue originalmente planeada como una red sísmica local enfocada al registro de señales sísmicas de período corto provenientes de eventos (de cualquier tipo) originados dentro del Valle de México. La continuidad de operación de RSVM, así como su cobertura han permitido un monitoreo eficaz de la actividad sísmica del Valle de México y la determinación de epicentros con menor rango de incertidumbre permitiendo así la identificación de zonas precisas de actividad sísmica dentro del Valle de México. Asimismo se han hecho estudios de propagación de ondas, estimándose un valor del factor de calidad Q0 para la cuenca de México.

A partir de 2006, se comenzaron a sustituir los equipos existentes por instrumentos de banda ancha del tipo CMG-6TD, cuya respuesta frecuencial es plana desde los 0.03 Hz hasta los 100 Hz. Estos nuevos equipos han sido instalados en aquellos sitios ya identificados como de alta actividad. Es así que actualmente la red cuenta con 8 estaciones de nueva generación y 2 de período corto. Todas las señales son transmitidas en tiempo real (Internet, enlace telefónico o por Radio-Módem) al centro de detección y manejo de datos del Servicio Sismológico Nacional(SSN), en donde, además de ser almacenadas en una base de datos propia, son utilizadas como complemento de las

estaciones del SSN para su labor rutinaria de localización de eventos a nivel nacional.

Gracias a la homogeneidad y calibración de los instrumentos instalados, ha sido posible hacer análisis más detallados del tipo de mecanismos focales de eventos locales mediante la determinación de su tensor de momento sísmico. En particular, se han calculado direcciones del campo de esfuerzos para diferentes zonas de la Cuenca de México y se han correlacionado con la existencia de sistemas de fallas en la zona de estudio. Recientemente se ha comenzado a aplicar las técnicas de correlación del ruido entre pares de estaciones para la estimación de la estructura local.

Las perspectivas a futuro para la RSVM son el mejoramiento de la cobertura mediante su densificación, lo cual repercutirá en un mejor conocimiento de los efectos de sitio a nivel delegacional o municipal en la ciudad de México y zonas conurbadas, contribuyendo así a un enriquecimiento en la información del Atlas de Riesgo para la Cuenca de México.

SE08-8

### EL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL: AVANCES Y RETOS PARA UN MONITOREO ADECUADO DE LA SISMICIDAD DE MÉXICO

Valdés González Carlos, Jiménez Cruz Casiano, Estrada  
Castillo Jorge, Pérez Santana Jesús, Cárdenas Monroy Caridad,  
Franco Sánchez Sara Ivonne, Quezada Reyes Aída, Yi Li Tan,  
Cárdenas Ramírez Arturo, Cruz Cervantes José Luis, Rodríguez  
Abreu Luis Edgar, Rodríguez Rasilla Iván y Yáñez Soto Alfredo

Instituto de Geofísica, UNAM

carlosv@ollin.igeofcu.unam.mx

En los últimos 3 años, el Servicio Sismológico Nacional (SSN), ha incrementado a 35 el número de estaciones de monitoreo sísmico en el país. Esta expansión, se ve manifiesta en mucho mejor cobertura sísmica en el Norte y Sur de México. Por ejemplo, hay 7 nuevas estaciones sísmicas al Norte de la latitud 24° y 3 más en el Estado de Chiapas, en donde sólo había una hace 2 años. Todas las estas estaciones del SSN, tienen instalados sensores de velocidad de banda ancha, en su mayoría STS-2, y acelerómetros triaxiales, también en 19 de ellas existen receptores GPS. La información es transmitida en tiempo real al SSN en la UNAM, principalmente vía enlaces satelitales, 6 por Internet y 2 por vía telefónica dedicada. A esta red vertebral, se le suma la Red Sísmica del Valle de México (RSVM), que consta de 10 estaciones de banda ancha en la zona metropolitana y conurbada y considera un incremento para el próximo años de una estación sismológica de banda ancha en cada una de las 16 Delegaciones Políticas de la Ciudad de México. La información de las estaciones sismológicas, es recibida por un sistema de detección Earthworm, el cual ha sido modificado para, además de realizar localizaciones en tiempos muy cortos, notificar desde la detección de un sismo por más de un cierto número de estaciones. Estas notificaciones, están siendo enviadas por diferentes medios, incluyendo teléfonos celulares, y nos encontramos en una etapa de calibración del sistema. También se han adecuado sistemas automáticos de cálculo de magnitudes con diversos métodos y cálculo del tensor de momento sísmico en forma rápida y automática.

El incremento de estaciones sísmicas y de mejoramiento en el sistema de detección, nos ha permitido incrementar el nivel de detección sísmica, ya que en los años, 2005 a 2007, detectamos 769, 971 y 1345 sismos en México y en lo que va del 2008 y hasta principios de agosto tenemos 1057 sismos detectados. Esto no

se debe necesariamente a un aumento en la sismicidad, sino a una mejor capacidad de detección.

Con la infraestructura antes mencionada, pretendemos alcanzar el objetivo principal del SSN, de proporcionar información oportuna sobre la ocurrencia de sismos en el territorio nacional y determinar sus principales parámetros como son la magnitud y el epicentro, así como mejorar la información necesaria para aumentar nuestra capacidad de evaluar y prevenir el riesgo sísmico y volcánico a nivel nacional.

SE08-9

### VESO (VIRTUAL EARTH-SUN OBSERVATORY) A 18 MESES DE OPERACIÓN

Cifuentes Nava Gerardo, Valdés Galicia José  
Francisco, González Esparza Américo, Lara  
Sánchez Alejandro y Hernández Quintero Esteban

*Instituto de Geofísica, UNAM*

gercifue@geofisica.unam.mx

VESO ([www.veso.unam.mx](http://www.veso.unam.mx)) es la contribución del Instituto de Geofísica de la UNAM a la celebración del Año Heliofísico Internacional (IHY). Este sitio representa la integración de datos en tiempo real de cuatro observatorios geofísicos que observan directa o indirectamente el fenómeno Tierra-Sol: el Radio Interferómetro Solar (RIS); el Radiotelescopio de Centelleo Interplanetario (MEXART); el Observatorio de Rayos Cósmicos (RC); y el Observatorio Magnético de Teoloyucan (TEO).

A más de 18 meses de operación (19 de febrero de 2007) se han llevado a cabo modificaciones sustanciales operativas y de diseño. En 2007 los formatos de data eran un reflejo directo del producto de estos cuatro sistemas, situación que generaba una gran cantidad de problemas operativos y de despliegue de información errónea; los gráficos de registro de 24 horas no siempre contenían información válida, principal reporte de dudas y comentarios por parte de los usuarios.

Durante 2008 las acciones se han enfocado a dos objetivos: (1) validación de la data de cada uno de los observatorios para la serie histórica conjunta en este sistema y la transformación de la base a metadata compatible con cualquier sistema de información virtual conectada a las redes de información científica; (2) diseño de nuevas aplicaciones bajo demanda para que el usuario pueda crear su propio panorama (producto) de observación del fenómeno Tierra-Sol de acuerdo a su orientación profesional y época de interés.

SE08-10

### OBSERVACIÓN GEOFÍSICA EN LA PORCIÓN SUR-ESTE DEL BLOQUE DE JALISCO

Reyes Dávila Gabriel A.<sup>1</sup>, Ramírez Ruíz Juan J.<sup>1</sup>, Bretón  
González Mauricio<sup>1</sup>, Varley Nick<sup>2</sup> y Navarro Ochoa Carlos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centro Universitario de Estudios e Investigaciones  
de Vulcanología, Universidad de Colima*

<sup>2</sup>*Facultad de Ciencias, Universidad de Colima*

gard@uclm.mx

El estado de Colima se encuentra situado en la porción sur-este del Bloque de Jalisco, región donde se han registrado el

evento sísmico de mayor magnitud y la mayor erupción volcánica del siglo pasado en México.

Durante los últimos 25 años la Universidad de Colima ha desarrollado un importante esfuerzo para la observación de diversos parámetros geofísicos en relación a la tectónica y al volcanismo de la región, entre los que destacan el monitoreo sísmico, de la deformación, visual, precipitación pluvial, y de infrasonido. La instalación, operación y mantenimiento de las diversas redes de monitoreo han dejado una experiencia que se pretende compartir en parte mediante el presente trabajo.

SE08-11

### LA RED DE ACELERÓGRAFOS DE LA CIUDAD DE PUEBLA A NUEVE AÑOS DEL SISMO DE TEHUACÁN

González Pomposo Guillermo Jorge<sup>1</sup>, Alcántara Nolasco Leonardo<sup>2</sup>,  
Posada Sánchez Ana Elena<sup>1</sup>, Jiménez Barroso Janet<sup>1</sup>, Ruiz Gordillo  
Ana Laura<sup>2</sup>, Vázquez Miranda Eduardo<sup>2</sup> y Flores Alcalá Montserrat<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

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

gugonzal@siu.buap.mx

El estudio de los sismos que afectan a la ciudad de Puebla permite generar políticas de prevención de desastres y aportar información para la toma de decisiones en la aplicación de planes de contingencia en zonas de alto riesgo sísmico con población vulnerable. La Ciudad de Puebla actualmente se considera como la cuarta ciudad más importante del país debido al desarrollo económico y crecimiento de su infraestructura; por su localización dentro de la regionalización sísmica de México y los antecedentes de daños causados por los sismos de gran magnitud como los del 19 y 20 de septiembre de 1985 y el del 15 de junio de 1999, la ciudad de Puebla se puede caracterizar como de alto riesgo sísmico. Esta razón genera que surja la Red de Acelerógrafos de la ciudad de Puebla (RACP), siendo uno de sus principales objetivos el análisis y procesamiento de los datos que en ella se generan para la obtención de los Espectros de Fourier, así como evaluar los efectos directos e indirectos que se producen en el comportamiento de los suelos. A 21 años de su instalación la RACP esta integrada actualmente por 10 estaciones equipadas con acelerógrafos tipo DCA-333, ETNA Y GSR-12 y 16, cuyo mantenimiento y operación se realiza de manera conjunta entre el personal del Instituto de Ingeniería de la UNAM y de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Después del evento del 15 de junio se instalaron dos nuevas estaciones ubicadas en el Hospital San Alejandro (SAPP) y en la colonia Lomas del Mármol (LMPP), en el año 2004 dejaron de operar las estaciones CAPP localizada en la Central de Abastos y UAPP en los jardines de la facultad de Ingeniería de la BUAP. Cabe destacar que la aportación más importante que se ha dado a la sociedad con base en estos datos es la propuesta de Coeficientes Sísmicos para el diseño en el Reglamento de Construcciones del Municipio de Puebla, que fue aprobado en noviembre de 1999, por el H. Ayuntamiento de la Ciudad y que actualmente está incorporada en el Código Reglamentario del Municipio de Puebla. Posteriormente del evento del 15 de junio de 1999 no se han obtenidos registros de sismos que generen aceleraciones mayores a 10 gales. Actualmente la RACP ha instalado una nueva estación en los jardines de la Facultad de Economía de la BUAP, instrumentando esta zona para que los datos puedan apoyar el diseño sísmico de las futuras construcciones de la BUAP en ciudad universitaria de la ciudad de Puebla y contribuir en la prevención del riesgo sísmico de la región

SE08-12

### MONITOREO ACELEROGRAFICO DEL MUNICIPIO DE TEPEYANCO, TLAXCALA

González Pomposo Guillermo Jorge, Posada Sánchez Ana Elena, Jiménez Barroso Janet y Lumbreras Flores Jonathan

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

gugonzal@siu.buap.mx

El estado de Tlaxcala por su cercanía con la zona de subducción del país presenta vulnerabilidad ante la presencia de sismos. Históricamente en el Estado se ha experimentado el efecto de aproximadamente cuarenta y cinco sismos locales. El municipio de Tepeyanco localizado al norte del estado, es considerado patrimonio cultural de la humanidad debido a que en el se ubican las ruinas de lo que fue un convento franciscano del siglo XVI y la iglesia de San Francisco que sufrió daños a consecuencia del sismo del 15 de junio de 1999. Debido a ello es necesario contar en este municipio con una herramienta de medición de los efectos sísmicos producidos en el suelo y en las estructuras que se encuentran ubicadas en la región. Por lo anterior se crea el proyecto de ampliación de la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Tlaxcala (RACT), que se ha mantenido operando desde su reactivación en el Parque Xicotécatl (PXTT) a partir de junio de 2006. Esta ampliación consiste en la instalación de una nueva estación en el municipio de Tepeyanco, gracias a la participación de las autoridades de la presidencia de la localidad, cuya finalidad es contar con registros de aceleraciones producidas por sismos fuertes que contribuyan en gran medida a la creación de un sistema de mitigación del riesgo sísmico, brindando seguridad a las construcciones y a los habitantes.

Los objetivos que se pretende cubrir en este proyecto son:

- Monitorear continuamente la actividad sísmica de la región.
- Determinar el peligro sísmico del municipio de Tepeyanco
- Obtener registros acelerográficos de sismos locales y regionales.
- Analizar y procesar la información para obtener Espectros de Fourier.
- Obtener espectros de respuesta correspondientes al municipio de Tepeyanco.

La importancia del desarrollo en viviendas e infraestructura que existe en el municipio de Tepeyanco hace necesario que cuente con un equipo acelerográfico de monitoreo constante para disminuir el riesgo sísmico en la región del estado de Tlaxcala. Para ello se requiere contar con un grupo de trabajo capacitado que actualmente se integra con personal y estudiantes de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, interesado en estudiar el efecto de este tipo de fenómeno

SE08-13

### LAS REDES DE OBSERVACIÓN SÍSMICAS Y VOLCÁNICAS DEL CENAPRED

Guevara Ortiz Enrique, Castelán Pescina Gilberto y Morquecho Zamarripa César

*Centro Nacional de Prevención de Desastres*

ego@cenapred.unam.mx

El Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED, tiene entre sus atribuciones instrumentar y, en su caso, operar redes de detección, monitoreo, pronóstico y medición de riesgos, en cooperación con las dependencias y entidades responsables. En este sentido, actualmente el Centro cuenta con una Red de Observación Sísmica de Temblores Fuertes, sistemas de monitoreo de algunos volcanes activos de México como el Popocatepetl, el Chichón y el Citlaltépetl. Asimismo conjuntamente con la Universidad Nacional Autónoma de México y el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico AC. (CIRES) se trabaja en la integración de la Red Sísmica Mexicana.

La red de observación sísmica está conformada a su vez por dos subredes. La subred de atenuación cuenta con 5 estaciones acelerográficas uniformemente distribuidas entre México y Acapulco. El propósito fundamental de este sistema es el registro de temblores cercanos a la zona epicentral de Guerrero, y el estudio de las características de propagación de las ondas sísmica en su trayectoria hacia la ciudad de México. La red de la ciudad de México, está conformada por 11 estaciones acelerográficas y la red de la ciudad de México. La subred de la Ciudad de México consta de 12 estaciones. La distribución de estaciones se realizó con base en la zonificación geotécnica de la ciudad, acorde con el tipo de terreno por estudiar. Los objetivos principales de este sistema son el estudio de las características de las ondas sísmicas incidentes en el valle de México provenientes de la costa del Pacífico, y el comportamiento de terrenos diversos bajo excitación sísmica. Por esta razón, en la mayoría de las estaciones se instalaron no sólo acelerómetros en la superficie, sino también sensores triaxiales en pozos profundos a diferentes cotas. Las estaciones están comunicadas al puesto central de registro mediante enlaces de telemetría por radio.

Con relación a las redes de monitoreo volcánico, se cuenta con un completo sistema de vigilancia del volcán Popocatepetl, que incluye mediciones de sismicidad, deformación, monitoreo geoquímico, monitoreo visual, monitoreo térmico, etc. Cerca de 60 señales son recibidas en tiempo real en el puesto central de registro en el CENAPRED. El sistema, instalado en cooperación con el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) y la UNAM, ha brindado información importante para la toma de decisiones en materia de Protección Civil. Respecto al volcán Chichón y el Citlaltépetl, se cuenta con un sistema de monitoreo básico, conformado por estaciones sísmicas y algunas otras mediciones que realiza el CENAPRED. Estos sistemas son operados, en coordinación con la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas y la Universidad Veracruzana.

En este trabajo se describen brevemente las diferentes redes sísmicas y volcánicas del CENAPRED y se hace referencia a las experiencias en la instalación y operación de las mismas.

SE08-14

### LA RED ACELEROGRÁFICA DE CAMPO LIBRE DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM. UNA VISIÓN ACTUAL

Alcántara Nolasco Leonardo, Almora Mata David, Torres Noguez Miguel, Vázquez Larquet Ricardo, Castro Parra Gerardo, Velasco Miranda Juan Manuel, Ayala Hernández Mauricio, Vázquez Miranda Eduardo, Ylizaliturri Rodríguez Jesús y Sandoval Gómez Héctor

*Instituto de Ingeniería, UNAM*

leonardo@pumas.ii.unam.mx

La infraestructura de registro sísmico, en campo libre, con que contaba el Instituto de Ingeniería de la UNAM hasta el 2005, se localizaba básicamente en la franja costera del Pacífico que va desde Caleta de Campos en Michoacán, hasta el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca; así como en algunos sitios hacia el interior del continente en los estados de México, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Morelos y el Distrito Federal. Con el propósito de mejor dicha cobertura y contando con el apoyo del gobierno federal, se instalaron 35 nuevas estaciones como parte de los objetivos del proyecto vinculado con la integración de la Red Sísmica Mexicana, en el cual participa la UNAM por medio de los Institutos de Geofísica e Ingeniería, el Centro Nacional de Prevención de Desastres de la SEGOB y el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico A.C. La implementación de las nuevas estaciones se realizó principalmente en: la costa noroeste del Pacífico, en los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, así como en algunas zonas de las regiones centro y oriente del país.

Hoy en día la mayoría de las estaciones no cuenta con un sistema que les permita la transmisión de datos en forma inmediata, por lo que la integración de los mismos no se realiza con la prontitud deseada. Para subsanar esta limitante se tiene considerado instalar sistemas de comunicación telefónica, celular, satelital, radio e internet en un importante número de estaciones. De hecho ya se han logrado implementar este tipo de tecnologías en estaciones ubicadas en las ciudades de Acapulco, Guadalajara, México y Puebla. Una etapa siguiente de este proyecto será la implementación de un sistema para la estimación de mapas de intensidad a nivel nacional como el que ya opera para el valle de México.

SE08-15

### ESFUERZOS INTERINSTITUCIONALES PARA LA AMPLIACIÓN DE LA RED SISMOLÓGICA NACIONAL EN CHIAPAS

Ramos Hernández Silvia

*Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas*

silviaramosh@gmail.com

La Región del Estado de Chiapas, produce anualmente una alta sismicidad, siendo considerada dentro de las zonas de alto riesgo del país, por lo que su población vive expuesta a la amenaza sísmica. Por ello, el Servicio Sismológico Nacional-Instituto de Geofísica de la UNAM junto con el Gobierno del Estado de Chiapas, la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas y Protección Civil de Chiapas, han unido esfuerzos para conseguir que en nuestra entidad se cuente con una Red Sísmica de Banda Ancha. Es así como en este marco el SSN-UNAM, ha instalado equipamiento de Banda Ancha y transmisión satelital, mientras que las Estaciones Sismológicas se han construido

por la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, además, esta Red se ampliará con las Estaciones Sismológicas de los Volcanes Chichón y Tacaná. Esta conjunción de esfuerzos, ha contribuido en gran medida a tener un mejor conocimiento de la actividad sísmica en la región. Esta colaboración permitirá en los dos siguientes años, crecer con dos estaciones de banda ancha en la zona norte y una más en la región Sierra, por lo que la entidad chiapaneca tendrá una densidad importante de estaciones para un mejor conocimiento de la distribución de la actividad sísmica, sus mecanismos focales, de profundidad, etc., lo cual generará información valiosa para los investigadores que estudian la sismología de Chiapas, para zonificar la vulnerabilidad de nuestra región por la actividad sísmica cuyos fines son la prevención y mitigación de la población por este riesgo.

SE08-16 CARTEL

### CALIBRACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RED SÍSMICA DEL NOROESTE DE MÉXICO

Ramírez Ramos Erik Esteban, Vidal Villegas José Antonio, Orozco León Luis Raúl y Gálvez Valdéz Jesús Oscar

*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*

erik\_ramirez\_1@hotmail.com

La Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM) es una red telemétrica que registra principalmente la actividad sísmica de la región norte de Baja California y la porción occidental del estado de Sonora, México. Esta red consta al presente (Julio, 2008) de 15 estaciones sísmicas: 10 de periodo corto, 4 de banda ancha y 1 de periodo largo. Cada estación está formada por un arreglo ortogonal de 3 sismómetros y etapas de amplificación, filtrado analógico, digitalización y acondicionamiento de las señales para su transmisión en formato digital. Con el propósito de saber si la instrumentación de la red está funcionando en forma correcta, llevamos a cabo su calibración. Para ello aplicamos periódicamente funciones escalón a las estaciones sísmicas, a través de la bobina de calibración de los sismómetros. Las señales de respuesta de cada estación son enviadas, vía telemetría, al centro de procesamiento ubicado en la ciudad de Ensenada, Baja California. Con el uso de las señales de calibración y de respuesta, en combinación con un programa desarrollado en el ambiente de Matlab, obtuvimos las funciones de respuesta en frecuencia (curvas de amplitud y fase). En el procesamiento de las señales hicimos uso de la transformada rápida de Fourier para el cálculo de espectros y consideramos que las estaciones sísmicas son sistemas lineales invariantes con el tiempo. Al presente hemos realizado la calibración de 9 estaciones de periodo corto. Las curvas experimentales las hemos cotejado con las curvas teóricas (obtenidas con el uso de las especificaciones del fabricante). A partir de esta comparación, hemos observado que las curvas de respuesta en amplitud de 7 estaciones (habilitadas con sismómetros Teledyne S-500) son similares. Las diferencias en amplitud son del orden de 1.25 veces mayor la experimental a la teórica. Sin embargo, hay 2 estaciones (habilitadas con sismómetros Mark L-4C) en que las diferencias en amplitud son del orden de 7.8 y 6.0 veces menor la experimental a la teórica. A partir de las curvas experimentales, el siguiente paso es determinar la función de transferencia de las estaciones mediante el cálculo de los polos y ceros. Con ello podremos corregir, en forma sistemática, los sismogramas por el efecto de instrumento. Por otro lado, estamos en proceso de calibrar la instrumentación de banda ancha la cual, a diferencia de la instrumentación de periodo corto, presenta ciertos retos para su calibración. Los resultados que obtengamos los discutiremos en la presentación.

SE08-17 CARTEL

**SISTEMA DE SOFTWARE PARA LA ADQUISICIÓN  
DE DATOS DE INSTRUMENTOS PROGRAMABLES  
Y TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN A LOS  
CENTROS DE ANÁLISIS DE MANERA AUTOMÁTICA,  
UTILIZADA EN LA MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR**

Rodríguez Rasilla Iván  
*Instituto de Geofísica, UNAM*  
ivan@ssn.ssn.unam.mx

La medición de parámetros ambientales en lugares alejados de los centros de análisis, siempre se han enfrentado a la problemática de transmitir la información medida; las soluciones que encontramos en el mercado, pueden ser tan caras o baratas según las necesidades del usuario, si es un gran volumen de información, si lo necesita en tiempo real o si es muy alta la frecuencia del muestreo. Las soluciones van desde almacenar la información, hasta el uso de satélites de comunicación, para el envío de la información. Actualmente en las Universidades existe la necesidad de transmitir la información que generan estaciones de monitoreo de una amplia gama de instrumentos, desde las estaciones meteorológicas, hasta instrumentos que forman parte de sistemas operativos de fundamental importancia (Servicio Sismológico Nacional, Centro Nacional de Prevención de Desastres, etc.), pero por otro lado, los presupuestos tienden a reducirse considerablemente o convertirse en un severo obstáculo para el funcionamiento óptimo de estos sistemas.

De ahí la necesidad de contar con una herramienta en software, que permita la configuración y adquisición de la información proporcionada por estos instrumentos de manera automática, así como también enviar esta información a través de un medio de comunicación a los centros de análisis.

Por lo tanto se desarrolló un sistema de software para el Observatorio de Radiación Solar del Instituto de Geofísica de la UNAM, que permite la configuración de instrumentos de adquisición utilizando el lenguaje de programación estándar para instrumentos programables (SCPI). Además, es posible obtener los datos de manera automática desde el instrumento de adquisición y ser enviados inmediatamente por medio de un canal de comunicación (por ejemplo Internet), hacia el servidor de almacenamiento instalado en el Observatorio, donde se captura y organiza la información automáticamente por el mismo software.

Sesión Especial

**Modelación matemática y  
computacional en geofísica:  
métodos y aplicaciones**

Organizadores:

Ismael Herrera

Víctor Cruz-Atienza

SE09-1

### MÉTODOS DE DESCOMPOSICIÓN DE DOMINIO: TEORÍA UNIFICADA

Herrera Revilla Ismael  
 Instituto de Geofísica, UNAM  
 iherrera@unam.mx

Los modelos matemáticos de muchos sistemas de interés, tanto de la Geofísica como de otras ciencias y de las ingenierías, dan lugar a una gran variedad de ecuaciones diferenciales parciales cuyos métodos de solución se basan en el procesamiento computacional de sistemas algebraicos de gran tamaño. Además, la expansión increíble habida en el equipo (hardware) y los códigos (software) computacionales ha permitido el tratamiento efectivo de problemas de una diversidad y complejidad siempre crecientes.

Entre los nuevos recursos computacionales destaca la computación en paralelo, especialmente ahora cuando los aumentos en la rapidez del cómputo que se han logrado en los últimos años se basan en ella. Por eso, desde que surgió la computación en paralelo, hace un poco más de veinte años, la comunidad internacional de especialistas en modelación matemática y computacional ha mantenido un esfuerzo continuado para poner esta herramienta al servicio de su tema de investigación y estudio. En particular, este esfuerzo se ha realizado a través de los métodos de descomposición de dominio, por ser ellos la vía más efectiva para aplicar la computación en paralelo a las ecuaciones diferenciales parciales. En esta plática se presentará una teoría unificada, desarrollada por el autor y sus colaboradores del Grupo de Modelación Matemática y Computacional del Instituto de Geofísica, que además de unificar, simplifica en forma muy importante los esfuerzos de programación, para el desarrollo de los códigos que los utilizan, y el computacional, requerido para su ejecución.

NOTA: El autor es Editor de la revista "Numerical Methods for Partial Differential Equations An International Journal", Wiley, Nueva York.

SE09-2

### MÉTODOS DE DESCOMPOSICIÓN DE DOMINIO: EL ALGORITMO "ROUND-TRIP" PARA EL OPERADOR DE ELASTICIDAD EN TRES DIMENSIONES

Contreras Trejo Iván  
 Universidad Nacional Autónoma de México  
 germanc@uxmcc2.iimas.unam.mx

El operador de elasticidad en tres dimensiones genera un sistema de ecuaciones el cual puede ser resuelto por medio de algún método iterativo.

Se presenta ahora el procedimiento para resolver en paralelo los sistemas de ecuaciones que se obtienen de la discretización de la ecuación de elasticidad. El algoritmo está diseñado para implementarse en máquinas de cómputo en paralelo además de estar precondicionado.

Partiendo de un sistema que se obtiene con algún método de discretización, llámese FEM, Diferencias Finitas o Métodos de Colocación se resuelve el sistema global utilizando el algoritmo Round-Trip, el cual es un método iterativo y consiste en la solución de problemas Dirichlet o Neumann en cada subdominio utilizando

un conjunto de transformaciones lineales obtenidas a partir de la teoría de matrices por tramos. Dichas transformaciones permiten trabajar tanto con funciones continuas como con las discontinuas.

SE09-3

### COMPLEMENTO DE SCHUR DUAL PRIMAL DE UN NIVEL Y FETI DUAL PRIMAL DE UN NIVEL

Rubio Acosta Ernesto y Herrera Revilla Ismael  
 Universidad Nacional Autónoma de México  
 ernesto@uxdea4.iimas.unam.mx

Se presentan dos métodos de descomposición de dominio para subdominios sin traslape, específicamente dos métodos de subestructuración que no requieren el uso de multiplicadores de Lagrange: Complemento de Schur Dual Primal de un nivel y FETI Dual Primal de un nivel [3]. El primero de ellos se plantea como un algoritmo tipo Dirichlet y, el segundo, como uno tipo Neumann.

Ambos métodos se presentan en el contexto de la teoría de ecuaciones diferenciales parciales en espacios de funciones discontinuas definidas por tramos. Esta teoría fue introducida recientemente por Herrera en [1][2]. En este marco teórico, en el cual se puede formular una teoría general de FEM, las discontinuidades de las funciones a través de las fronteras interiores de los subdominios no son una anomalía que necesite ser corregida mediante el uso de multiplicadores de Lagrange. De aquí que una ventaja inmediata de estos métodos es la reducción de los grados de libertad asociados a los multiplicadores de Lagrange.

También relevante, estos métodos son la base para plantear otros métodos de subestructuración Dual Primal de dos niveles, particularmente uno de gran generalidad llamado "Algoritmo de Round-Trip" [3].

El manejo de las funciones discontinuas se hace mediante la introducción de dos matrices de proyección. La primera de ellas es una generalización del operador promedio de funciones y, la segunda matriz es una generalización del operador salto de funciones, ambas aplicadas a nivel discreto. Al parecer, la matriz de salto es la elección óptima para la matriz B del método FETI. De aquí que esta formulación sea de especial interés.

Bibliografía:

- [1] Herrera, "Theory of Differential Equations in Discontinuous Piecewise-Defined Functions", online [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com), 2006.
- [2] Herrera, "New Formulation of Iterative Substructuring Methods Without Lagrange Multipliers: Neumann-Neumann and FETI", online [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com), 2007.
- [3] Herrera, Yates, "Unified Multipliers-Free Theory of Dual-Primal Domain Decomposition Methods", online [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com), 2008.

SE09-4

## TEORÍA DE ELEMENTOS FINITOS USANDO FUNCIONES DISCONTINUAS DEFINIDAS POR TRAMOS

Rosas Medina Alberto y Herrera Revilla Ismael

*Instituto de Geofísica, UNAM*

albertico@mmc.geofisica.unam.mx

Una teoría sistemática y verdaderamente general de los métodos de elementos finitos (FEM) puede ser formulada usando funciones base y de peso, funciones definidas por tramos que pueden ser completamente discontinuas a través de la frontera interna, la cual separa los elementos uno de otro. La teoría algebraica de Herrera para problemas de valores de frontera (BVP), implica un tipo de operadores de extensión de gran generalidad, estos operadores usan funciones de base y de peso completamente discontinuas que pueden ser aplicadas simultáneamente, lo cual esto no es posible cuando se usa la teoría estándar de distribuciones. En este trabajo este aspecto de la teoría es discutido y se muestra que los operadores de extensión implicados por la teoría algebraica, corresponden a extensiones de operadores distribucionales. Más precisamente, en situaciones donde el operador distribucional es definido, este coincide con la teoría algebraica.

Sin embargo como ya mencione, el operador de extensión implicado por la teoría algebraica está bien definido en casos donde la distribucional no lo está. Este es el caso, por ejemplo, cuando las funciones base y de peso son completamente discontinuas.

Tiene interés mencionar que las bases para el tipo de operadores de extensión presentados en este trabajo, es puramente algebraico. El contenido de este trabajo está dedicado a comparar principalmente las extensiones algebraicas con el enfoque distribucional. Gracias a la teoría desarrollada en [1,2] por Herrera, la forma de aplicar funciones completamente discontinuas definidas por tramos en la formulación de los elementos finitos es de una manera sistemática y sencilla. Las fórmulas Green-Herrera son la extensión de las derivadas distribucionales aplicadas a funciones completamente discontinuas.

### REFERENCIAS

[1] I. Herrera, Theory of Differential Equations in Discontinuous Piecewise-Defined-Functions, NUMER METH PART D E, 2007, 23:597-639.

[2] Herrera, I. "On Operator Extensions: The Algebraic Theory Approach". Advances in Optimization and Numerical Analysis, (Procs. of VI Workshop on Optimization and Analysis. Oaxaca, Oax. México, Enero, 1992), Mathematics and Its Applications, Kluwer Academic Publishers, pp. 155-163, 1992.

SE09-5

## APLICACIÓN DEL CÓMPUTO PARALELO A LA MODELACIÓN DE SISTEMAS CONTINUOS EN CIENCIA E INGENIERÍA MEDIANTE EL MÉTODO FETI-DP

Carrillo Ledesma Antonio<sup>1</sup> y Herrera Revilla Ismael<sup>2</sup><sup>1</sup>Facultad de Ciencias, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

acl@fciencias.unam.mx

Los modelos de los sistemas continuos en ciencias e ingeniería contienen un gran número de grados de libertad y al ser discretizados por medio de algún método numérico generan sistemas de ecuaciones lineales algebraicos de gran tamaño, lo que da lugar a que el tratamiento de sistemas grandes requieran los recursos computacionales más avanzados, en particular, el cómputo paralelo es un recurso indispensable que debe ser aprovechado en este contexto.

La computación en paralelo es una técnica que permite distribuir una gran carga computacional entre muchos procesadores. Y es bien sabido que una de las mayores dificultades del procesamiento en paralelo es la coordinación de las actividades de los diferentes procesadores y el intercambio de información entre los mismos. Los métodos de descomposición de dominio [3] y [4] introducen desde la formulación matemática misma del problema una separación natural de las tareas y simplifican considerablemente la transmisión de información.

La familia de algoritmos FETI (Finite Element Tearing and Interconnecting) y Neumann-Neumann son de los mejor conocidos métodos y más probados para la resolución de ecuaciones diferenciales parciales elípticas. Ellos son métodos iterativos de subestructuración y comparten muchos componentes algorítmicos, tales como soluciones locales para ambos problemas con condiciones de frontera Neumann y Dirichlet sobre las subregiones en donde el problema fue particionado.

Así, en el presente trabajo mostraremos la base de la metodología donde se implementa la solución numérica del método de FETI-DP [4] y [1] de forma paralela usando memoria distribuida bajo el paradigma de programación orientada a objetos, en el lenguaje de programación C++ y la librería de paso de mensajes MPI y veremos la forma de construir el modelo computacional, mostrando los alcances y limitaciones en el consumo de recursos computacionales, así como la evaluación de algunas variantes de los métodos numéricos con los que es posible implementar la solución numérica [2].

### REFERENCIAS

[1] J. II. Bramble, J. E. Pasciak and A. II Schatz. The Construction of Preconditioners for Elliptic Problems by Substructuring. I. Math. Comput., 47, 103-134, 1986.

[2] A. Carrillo; Aplicaciones del Cómputo en Paralelo a la Modelación de Sistemas Terrestres (Tesis de Maestría). Instituto de Geofísica, UNAM, 2006.

[3] A. Quarteroni, A. Valli; Domain Decomposition Methods for Partial Differential Equations. Clarendon Press Oxford 1999.

[4] A. Toselli, O. Widlund; Domain Decomposition Methods - Algorithms and Theory. Springer, 2005.



SE09-6

### MODELLING SOME EFFECTS OF FAULT GEOMETRY ON RUPTURE DYNAMICS

Cruz Atienza Víctor M.<sup>1</sup> y Virieux Jean<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique, Université Joseph Fourier, France*

cruz@geofisica.unam.mx

Given the increasing amount of high quality laboratory and earthquake data, more sophisticated models of rupture physics are needed to explain these observations. Several physical factors, as fault geometry, may strongly affect the rupture process. In recent years, theoretical and numerical studies have been devoted to understand the consequences of changes in rupture geometry on both rupture propagation and the associated off-fault (static and dynamic) damage. In this work we assume a slip-independent friction law and focus on effects due to tectonic loading and medium heterogeneities on rupture propagation. Our results show that, under these conditions, fault geometry plays a major role. For instance, the energy partition during rupture propagation is strongly affected.

For this purpose we first introduce a 3D dynamic-rupture numerical model, namely the finite-difference fault-element (FDFE) method (Cruz-Atienza et al., 2007). This method is based on a 3D methodology for applying dynamic-rupture boundary conditions along nonplanar faults within a partly-staggered regular lattice. The fault is discretized by a set of parallelepiped elements in which specific boundary conditions are applied. These conditions operate on the stress tensor, once transformed into a local reference frame that matches the fault geometry. Numerically determined weight functions multiplying particle velocities around each element allow accurate estimates of fault kinematic parameters (i.e. slip and slip rate) independently of the faulting mechanism. Numerical criteria for rupture boundary conditions to model rupture processes accurately were determined experimentally finding consistency with those previously found for the 2D case (Cruz-Atienza and Virieux, 2004). Given a spatial grid step for wave propagation, the number of grid nodes contained in each fault element should be adapted accordingly. The smaller the spatial step the greater the number of nodes should be.

Assuming a Coulomb-like slip-weakening friction law, a parametric study shows that the FDFE method converges toward a unique solution, provided that the cohesive zone behind the rupture front is well resolved (i.e. four or more elements inside this zone). Solutions are free of relevant numerical artifacts for grid sizes smaller than approximately 70 m. We validate the FDFE method by comparing numerical solutions for spontaneous slip-weakening ruptures along planar and nonplanar parabola-shaped faults, with those yielded by an independent semi-analytical boundary integral method. This comparison shows that our finite-difference rupture model, based on a thick-fault source description, is accurate enough to perform these complex simulations. It confirms that finite-difference techniques still represent a viable and reliable way to model earthquake dynamics along nonplanar complexly shaped faults in three dimensions.

#### References:

Cruz-Atienza, V. M., and J. Virieux, 2004, Dynamic rupture simulation of non-planar faults with a finite-difference approach: *Geophysical Journal International*, 158, 939–954.

Cruz-Atienza, V. M., J. Virieux, and H. Aochi, 2007, 3D finite-difference dynamic-rupture modeling along nonplanar faults: *Geophysics*, 72, SM123–SM137, doi: 10.1190/1.2766756.

SE09-7

### IMPLEMENTATION OF INCIDENT PLANE WAVES IN THE SPECTRAL ELEMENT METHOD AND COMPARISON WITH THE METHOD OF FUNDAMENTAL SOLUTIONS IN 2D

Madec Ronan<sup>1</sup>, Komatitsch Dimitri<sup>1</sup> y Sánchez Sesma Francisco José<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*University of Pau, CNRS and INRIA*

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

ronan.madec@etud.univ-pau.fr

The Spectral-Element Method (SEM) is a finite-element method that solves the wave equation in the time domain based on high-degree polynomial interpolation on quadrangular elements in 2D and hexahedral elements in 3D, see for instance Komatitsch et al. (1998,1999). This method is well adapted to the simulation of seismic wave propagation in complex geological models. We show here how to implement plane wave sources P, SV or Rayleigh with any incidence angle for this time-domain method. For the implementation of a SV plane wave source, we will especially treat the case of an incidence angle source over critical angle where inhomogeneous waves appear at the free surface reflection. We also implement absorbing boundary conditions following the ideas of Bielak and Christiano (1984), which is crucial ensure that no significant spurious waves propagate back into the main domain. We validate the method and check its accuracy for the numerical modeling of seismic wave propagation, in particular in order to compute the response of a free surface with topography under the incidence of a plane wave with different angles by comparing the results obtained to the Method of Fundamental Solutions (MFS), which is a new method to solve the wave equation in the frequency domain, see for instance Godinho et al. (2008).

SE09-8

### SIMULACIONES A GRAN ESCALA DE LA RESPUESTA SISMICA DEL EJE NEOVOLCANICO Y EL VALLE DE MEXICO

Ramírez Guzmán Leonardo<sup>1</sup>, Bielak Jacobo<sup>1</sup> y Contreras Ruiz Esparza Moisés<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Carnegie Mellon University, USA*

<sup>2</sup>*Disaster Prevention Research Institute*

lramirez@andrew.cmu.edu

El presente estudio resume el análisis de simulaciones numéricas de la respuesta dinámica en la Cuenca de México ante sismos originados en la costa del Pacífico. El modelo de velocidades del suelo concilia diferentes propuestas de la geometría de la subducción, incorpora el Cinturón Volcánico Mexicano y una estructura geotécnica del Valle. Las simulaciones tienen una resolución máxima de 0.66 Hz y una velocidad de ondas S mínima de 60 m/s. Con la finalidad de establecer la influencia de los suelos blandos del lago, se comparan dos conjuntos de escenarios: el primero incluye el Valle de México y segundo excluye dichos depósitos. Las señales calculadas dentro del Eje Neovolcánico experimentan amplificaciones con respecto

a las ubicadas fuera del Cinturón, confirmando las observaciones de Baker et al. (1996). En la banda de frecuencias 0.2-0.5 Hz hay una amplificación adicional dentro del Valle debida a los depósitos lacustres. Las comparaciones entre simulaciones y observaciones son satisfactorias. Como consecuencia se especula que la duración del movimiento en la Ciudad de México es un efecto principalmente local, debido a la forma del Valle y las bajas velocidades del suelo.

SE09-9

### CONSERVATIVE FULLY DISCRETE SCHEMES OF ARBITRARY APPROXIMATION ORDER IN SPACE FOR THE SHALLOW-WATER EQUATIONS ON A DOUBLY PERIODIC MANIFOLD AND ON A SPHERE

Skiba Yuri N.<sup>1</sup> y Filatov Denis<sup>2</sup><sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM<sup>2</sup>Centro de Investigación en Computación, IPN

skiba@servidor.unam.mx

Conservative finite difference schemes of arbitrary approximation order in space are suggested for the shallow-water model (SWM) on a doubly periodic manifold and on a whole sphere. An essential advantage of the method is that it produces fully discrete (both in time and in space) shallow-water schemes that exactly conserve the mass and the total energy and whose numerical implementation is computationally inexpensive [1]. Our approach is based on splitting of the SWM operator by coordinates and by physical processes. As a result, the solution to the original system of 2D partial differential equations reduces to the solution of three simple problems containing either 1D partial differential equations or ordinary differential equations. In fact, an infinite family of such conservative schemes is proposed, which are either linear or nonlinear depending on the choice of certain scheme parameters. On a doubly periodic manifold (for example, in a doubly periodic domain on the plane or on a 2D torus), the method allows constructing conservative finite difference schemes of arbitrary approximation order in the spatial variables. Moreover, if the SWM is considered on the entire sphere (which is not a doubly periodic manifold), the application of various geographical coordinate maps for the solution of split problems allows using the same numerical schemes and algorithms (of arbitrary approximation order in space) as for a doubly periodic manifold [2]. The numerical SWM algorithms are computationally cheap, because each scheme is easily realized by fast direct methods of linear algebra. The skill of the schemes and algorithms is illustrated by numerical results [3].

## References:

[1] Skiba Yu.N. and D.M. Filatov (2007). On splitting-based mass and total energy conserving arbitrary order shallow-water schemes. *Numerical Methods for Partial Differential Equations* (Wiley & Sons), 23 (3), 534-552.

[2] Skiba Yu.N. and D.M. Filatov (2008). Conservative Arbitrary Order Finite Difference Schemes for Shallow-Water Flows. *Journal of Computational and Applied Mathematics* (Elsevier), 218 (2), 579-591.

[3] Skiba Yu.N. and D.M. Filatov (2008). Mass and energy conserving fully discrete schemes for the shallow water equations. Chapter in: "Energy Conservation: New Research" (Frank Columbus, ed.), Nova Science Publishers, New York (aceptado).

SE09-10

### BEHAVIOUR OF SOLITON-LIKE WAVES GENERATED BY TOPOGRAPHY IN THE SHALLOW-WATER MODEL

Filatov Denis<sup>1</sup> y Skiba Yuri N.<sup>2</sup><sup>1</sup>Centro de Investigación en Computación, IPN<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

denisfilatov@gmail.com

A new numerical method for the simulation of shallow-water flows is developed. A substantial benefit of the method is that it produces fully discrete (both in time and in space) shallow-water schemes that exactly conserve the mass and the total energy and whose numerical implementation is drastically cheap (cf. [1], see also [2]). The virtue of the developed schemes is illustrated via simulation of nonlinear soliton-like waves generated by a model topography [3]. The numerical experiments include testing several finite difference schemes and comparison of their skill on grids of different resolution. The primary attention is given to the study of time-space structure of the numerical solution. Temporary behaviour of the potential enstrophy as an important integral characteristic of the schemes' skill in all the experiments is examined.

**KEYWORDS:** Shallow-water equations, solitary waves, operator splitting, conservative finite difference schemes, nonlinear interaction.

## REFERENCES

[1] R. SALMON, Poisson-Bracket Approach to the Construction of Energy- and Potential-Enstrophy-Conserving Algorithms for the Shallow-Water Equations, *J. Atmosph. Sci.*, 61 (2004) 2016-2036.

[2] YU.N. SKIBA AND D.M. FILATOV, On Splitting-Based Mass and Total Energy Conserving Arbitrary Order Shallow-Water Schemes, *Numer. Meth. PDEs*, 23 (2007) 534-552.

[3] YU.N. SKIBA AND D.M. FILATOV, Mass and Energy Conserving Fully Discrete Schemes for the Shallow-Water Equations, in: F. Columbus (ed.), *Energy Conservation: New Research*, Nova Science Publishers, USA, accepted for publication.

SE09-11

### GROUNDWATER TRANSPORT USING DOMAIN DECOMPOSITION METHOD AND COLLOCATION

Hernández García Guillermo

Instituto de Geofísica, UNAM

ghdez@geofisica.unam.mx

A mathematical and numerical model was developed, applying Domain Decomposition Method, DDM, for single-degree of freedom collocation localized method using Hermite polynomials, for the transport in porous media.

The domain decomposition method has been investigated recently by several authors for bi-dimensional and tri-dimensional elliptic and parabolic problems [1, 2]. This method is attractive because it permits parallel processing of finer meshes to approach the domain at transport problems. The collocation method is theoretically simple and exhibits a small discrete error when non-linear approach is needed at non-aqueous phase liquid transport equation [3].

One kind of collocation methods uses Hermite polynomials as its basic functions and approximates the derivatives by some nodal values via finite element approximations such that the nodal values are the only unknowns of interest, and the size of the corresponding linear system is reduced. Numerical tests show convergence of this approach.

#### REFERENCES

- [1] A. Quarteroni and A. Valli; Domain Decomposition Methods for Partial Differential Equations, Clarendon Press, Oxford, 1999.
- [2] A. Toselli and O. Widlund; Domain Decomposition Methods - Algorithms and Theory, Springer, 2005.
- [3] Li Wu and G. F. Pinder; Single-degree freedom collocation method using Hermite polynomials, Contemporary Mathematics, Vol. 295, pp. 489-499, 2002.

SE09-12

### FLUJO BIFÁSICO 3D EN MEDIOS POROSOS

Vera Guzmán Norberto  
 Instituto de Geofísica, UNAM  
 nrbrt@geofisica.unam.mx

Los modelos mixtos en combinación con los métodos de descomposición de dominio y la simulación numérica en paralelo, constituyen una herramienta muy efectiva para tratar problemas de gran escala, con sistemas estratificados que presentan discontinuidades en sus propiedades físicas.

En este trabajo presentamos un modelo macrohíbrido mixto para simular el flujo de dos fluidos inmiscibles en un medio poroso. El problema es planteado en base a dos modelos mixtos acoplados: velocidad total-presión global y flujo de saturación-saturación. Con base en este enfoque, y utilizando aproximaciones de elemento finito mixto y algoritmos de punto próximo en paralelo, se construye un modelo 3D para simular flujo bifásico.

SE09-13

### REVISIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS Y COMPUTACIONALES DE ACUÍFEROS SEMICONFINADOS

Cruz Pliego Miguel Angel, Herrera Revilla  
 Ismael y Hernández García Guillermo  
 Instituto de Geofísica, UNAM  
 macp007@hotmail.com

Cuando a un acuífero le sobrepasa un acuitardo se le denomina acuífero semiconfinado (Leaky aquifer). Bajo ciertas condiciones al despresurizar el acuífero debido a la extracción intensiva del recurso hídrico el acuitardo comienza a aportar agua al acuífero produciéndose el abatimiento del nivel freático en el acuitardo. Dicho fenómeno genera también el fenómeno de subsidencia.

El modelo matemático que describe el flujo no estacionario en un acuífero semiconfinado, suponiendo que existe únicamente flujo bidimensional en el acuífero y flujo vertical en el acuitardo, consiste en dos ecuaciones diferenciales parciales, las cuales se encuentran acopladas. La solución de dichas ecuaciones diferenciales da como resultado el abatimiento tanto en el estrato

acuífero como en el acuitardo en cada paso de tiempo. Utilizando dichos resultados se puede calcular el fenómeno de subsidencia.

Existen diversos métodos para resolver el modelo matemático de un acuífero semiconfinado. Hantush [1] fue el primero en resolver el modelo de manera analítica utilizando tanto la transformada de Laplace como la transformada de Hankel. Posteriormente Neuman – Witherspon [2] en 1968 hicieron una formulación que permite resolver el modelo numéricamente. Herrera [3] en 1969 desacopló las ecuaciones diferenciales mediante la teoría Integrodiferencial. Con esta teoría se puede resolver la ecuación de flujo en el acuífero en cada paso de tiempo de manera independiente utilizando el Método del Elemento Finito (FEM) o el Método de Diferencias Finitas y utilizar dichos resultados para calcular los abatimientos en el acuitardo. A su vez dicha teoría permite reducir de manera considerable los recursos computacionales en la solución del modelo.

El objetivo del trabajo es hacer una revisión de los métodos existentes para resolver el modelo matemático de un acuífero semiconfinado y generar un programa que permita predecir el fenómeno de subsidencia.

#### REFERENCIAS

- [1] Hantush, M.S., "Modification of the theory of Leaky aquifers", J. Geophys Res., 65,3713-3726,1960.
- [2] Herrera, I., and Figueroa, G.E., "A correspondence principle for theory of leaky aquifers," Water Resour, Res, 5, 900-904, 1969.
- [3] Neuman, S.P. and Witherspon, P.A., "Theory of flow in confined two aquifer system," Water Resour Res., 5,803-816,1969.

SE09-14

### ESTUDIO SISTEMÁTICO DE LAS DISCONTINUIDADES QUE OCURREN EN LA MODELACIÓN DE YACIMIENTOS PETROLEROS

Olvera Gómez Alfredo y Herrera Revilla Ismael  
 Instituto de Geofísica, UNAM  
 lancelot@ciencias.unam.mx

En una serie de artículos [1], [2] y [3] los autores han investigado las diferentes clases de choques que pueden ocurrir cuando se modela yacimientos petroleros y los modelos numéricos disponibles que existen para la solución de estos. Este trabajo está enfocado a resumir los procesos en cuales se generan dichos choques.

Los choques, son cambios muy rápidos tanto en la presión como en otras propiedades del fluido, los cuales en los modelos en que se desprecia la viscosidad, se simulan con discontinuidades. El principal objetivo de este trabajo es identificar los diferentes procesos de generación de choques que ocurren en flujo multifásico, en este proceso de búsqueda se han identificado, dos diferentes procesos que generan choques, el primero tiene lugar en el desplazamiento insoluble y esto sucede cuando en la solución de las ecuaciones existe intersección en las características, por otro lado el segundo caso toma en el desplazamiento parcialmente soluble en este caso hay intercambio de masa entre las dos fases esto sucede por ejemplo en yacimientos que contienen aceite y gas, donde la variable de punto de burbuja esta presente en el gas, en la mayor parte de la región modelada.

Algunas veces la fase de producción primaria en un yacimiento petrolero, basada únicamente en su presión interna, finaliza

rápido dejando un porcentaje muy alto de hidrocarburos en el subsuelo. La ecuación de Buckley-Leverett modela flujos bifásicos, es decir modela la dinámica de fluidos compuesto por dos tipos diferentes de sustancias (desplazamiento insoluble agua-aceite). Una posible aplicación de esta ecuación se encuentra en la modelación de la recuperación primaria de yacimientos petroleros.

#### REFERENCIAS

[1] Herrera, I. , A. Galindo and R. Camacho. , Shock Modelling in Petroleum Engineering, Chaper 7 of the book Computational Methods for Moving Boundary Problems in Heat and Fluid Flow, L.C. Wrobel Ed, Computational Mechanics publications, 1993.

[2] Herrera I. A. Galindo and R. Camacho. , Shock Modelling in Variable Bubble Point Problems of petroleum Engineering”, Computational Modelling of Free and moving Boundary problems, Vol. 1: Fluid Flow, Eds. L.C. Wrobel and C.A. Brebbia, Computational Mechanics Publication, pp. 399-415, 1991.

[3] Herrera I. A. Galindo R. Camacho. and Chargo, Eurlian-Lagrangian Aproch of modeling of Shock Modelling in petroleum Reservoirs”, June 1992.

SE09-15 CARTEL

#### MAPAS DE IRRADIACION DIARIA PROMEDIO MENSUAL CON EFECTO DE SOMBREADO POR TOPOGRAFIA PARA MEXICO

Estrada Cajigal Ramírez Vicente

Solartronic, S.A. de C.V.

vestrada@solartronic.com

En este trabajo se presentan los mapas con valores de irradiación global, directa normal, directa, difusa, global inclinada, directa inclinada y difusa inclinada diaria promedio mensual para México, a partir de las mediciones llevadas a cabo por el Servicio Meteorológico Nacional. Para el trazado de los mapas se ha seguido un proceso que toma en cuenta el efecto de sombreado debido a la topografía utilizando el módulo r.sun del sistema de información geográfico Grass. Se han calculado para cada mes y para cada punto de la rejilla de 1 km, los valores diarios promedio mensual de la irradiación.

SE09-16 CARTEL

#### CONDITIONS FOR GLOBAL ASYMPTOTIC STABILITY OF BAROTROPIC FLOWS ON A ROTATING SPHERE

Skiba Yuri N.

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

skiba@servidor.unam.mx

In this work, the nonlinear dynamics of a two-dimensional incompressible viscous and forced fluid on a rotating sphere is described by the barotropic vorticity equation (BVE). The equation takes into account the linear drag, turbulence and forcing. The turbulent term is represented by a real degree of the Laplace operator so as to show with more precision the role of this degree in the stability problem under consideration. An appropriate norm for perturbations of the basic solution is introduced and an equation describing the evolution of this norm is derived. Finally, two sufficient conditions for the global asymptotic stability of the BVE solution are obtained. These conditions guarantee that the

basic solution is the only attractor of the problem, and hence, the trajectories of all BVE solutions will exponentially tend to this attractor with time.

In a bounded domain on the plane, in the absence of linear drag, a condition for the global asymptotic stability were earlier obtained by Sundström [1] for the basic flow whose stream function had continuous derivatives up to the third order inclusive. The first condition for the global asymptotic stability obtained here generalizes his result to the flows on a rotating sphere when the linear drag is also taken into account. However, in the general case, the solvability theorems proved for the vorticity equation (see, for example, [2, 3]) do not guarantee the existence of the solution whose third or higher derivatives are continuous. For example, if the basic solution is a modon by Tribbia [4], Verkley [5] or Neven [6], subjected to a dissipation but supported by a certain forcing, then its third derivatives are not continuous on the whole sphere, and the Sundström condition cannot be used. The second theorem proved here gives a new global asymptotic stability condition, in which the requirement on the smoothness of basic solution is weakened and is in full accordance with the known solvability theorems. Examples are given for the basic flows having the form of a Legendre polynomial (zonal flow), Rossby-Haurwitz wave and pure dipole modon.

#### References:

[1] Sundström A., Stability Theorems for the Barotropic Vorticity Equations, Mon. Wea. Rev. 97 (1969) 340-345.

[2] Skiba Yu.N., Mathematical Problems of the Dynamics of Viscous Barotropic Fluid on a Rotating Sphere. VINITI, Moscow, 1989 (in Russian); Indian Inst. Tropical Meteorology, Pune, India, 1990 (in English).

[3] Szeptycki P., Equations of Hydrodynamics on Manifold Diffeomorphic to the Sphere, Bull. Acad. Pol. Sci., Seria: Sci. Math., Astr., Phys. 21 (1973) 341-344.

[4] Tribbia J.J., Modons in Spherical Geometry, Geophys. Astrophys. Fluid Dyn. 30 (1984) 131-168.

[5] Verkley W.T.M., Stationary Barotropic Modons in Westerly Background Flows, J. Atmos. Sci. 144 (1987) 2383-2398.

[6] Neven E.C., Quadrupole Modons on a Sphere, Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics 65 (1992) 105-126.

SE09-17 CARTEL

#### DESARROLLO DE UN MODELADO TERMODINÁMICO PARA MITIGAR LA ACIDEZ DEL SISTEMA ACTUAL DEL CAMPO GEOTERMICO DE LOS HUMEROS, PUEBLA, MÉXICO

Tinoco Michel Jorge Armando, González Partida Eduardo y Martínez Reyes José

Centro de Geociencias, UNAM

jatm79@gmail.com

Se presenta un modelo termodinámico - geoquímico basado en la

termodinámica de equilibrio con el fin de estimar el fenómeno de corrosión en el

Campo Geotérmico de los Humeros Puebla y proponer su mitigación.

El modelado se ha convertido en una herramienta muy bien reconocida para

entender los procesos de interacción agua-roca. Sin embargo, en los últimos 40 años, se le ha prestado muy poca atención a los sistemas de interacción roca-agua-GAS en sistemas geotérmicos quizás debido a la complejidad de los cálculos, en este sentido el programa que se ha construido para la CFE es en general, particularmente útil para modelar interacciones geoquímicas en yacimientos geotérmicos, donde el agua es solo una fase más que esta presente junto a la fase de vapor compuesta por mezclas de gases reactivos e inertes.

Sesión Especial

# **El papel de la geofísica en las instituciones de educación superior**

Organizadores:

Rubén Rocha

Oscar Campos Enríquez

SE10-1

### BREVE REVISIÓN SOBRE EL USO DE MODELOS EN GEOLOGÍA: RESTRICCIONES, VALIDACIÓN Y CONOCIMIENTO EMPÍRICO

Cerca Mariano

*Centro de Geociencias, UNAM*

mcerca@geociencias.unam.mx

Modelo es una entidad fundamental del conocimiento geológico, cuyo uso y variedad de significados se han incrementado sustancialmente dependiendo del contexto en que se utiliza. Durante el desarrollo de la ciencia moderna se han planteado al menos tres niveles sucesivos de confianza en el resultado científico: Hipótesis, Modelos y Teorías. Las hipótesis planteadas comúnmente en geología pueden definirse como resultados que tienen que validarse, y son obtenidas a partir de restricciones empíricas (observaciones de campo). Los geólogos hacemos observaciones de campo para aprender sobre algunos procesos que no podemos observar en la escala de tiempo humana (ej., nadie ha visto un dinosaurio). Debido a esto y que el paso del tiempo geológico es un importante agente destructor de la información geológica, las restricciones tienen un carácter fragmentado y en comunes ocasiones, no son suficientes para probar una hipótesis. Estas condiciones llevaron a la geología americana de principios del siglo XX al desarrollo de una escuela que utilizaba como resultado múltiples hipótesis que podían tener la misma validez (las restricciones disponibles no permiten discriminar entre ellas). Por otro lado, la teoría tiene un rango más alto y se ha utilizado en ciencias "maduras" como la física. Aunque nadie ha visto un quark, la cantidad y contundencia de las predicciones comprobadas por observaciones han llevado a los físicos a proponer una teoría atómica cuyos principios gobiernan el comportamiento atómico. En geología son escasas las teorías y más comunes los modelos, que tienen una categoría intermedia entre la hipótesis y la teoría. Un ejemplo ilustrativo de modelos en matemáticas es cuando un conjunto de datos (restricciones) permite el ajuste de diferentes curvas (modelos) para su descripción. En el uso geológico un modelo implica que no hay una solución única al problema, por lo que el modelo puede ser solo una alternativa entre otras o puede ilustrar partes de la solución al problema sin comprometerse con otros factores de un proceso geológico complejo. En este sentido el uso actual de los modelos en geología es una reminiscencia del mencionado planteamiento de múltiples hipótesis. Un modelo permite abstraer y simplificar dichos procesos. Una gran ventaja del uso de modelos en geología es que históricamente se ha permitido el uso de modelos únicos o encadenados para la descripción de fenómenos geológicos y que las restricciones pueden ser empíricas (como en el caso de los conjuntos de datos) o estar basadas en parámetros cualitativos y razonamientos interpretativos. Las conexiones múltiples realizadas por el geólogo entre los razonamientos interpretativos y el conjunto de datos empíricos pueden ser en ocasiones correctivos de la propagación del error de interpretación basado solo en datos empíricos. Algunas de las desventajas de modelos geológicos son como discutir la validez de la predicción y el abuso en el acomodo de los datos que resultan en verdaderos dogmas incuestionables y sin sustento verificable. Finalmente, el uso de modelos y su nomenclatura es distintivo y fundamental en el desarrollo del conocimiento geológico y por ello es necesario discutirlo y definirlo con claridad.

SE10-2

### ACERCA DE VARIOS ASPECTOS QUE AFECTAN LA EDUCACIÓN EN GEOCIENCIAS (Y OTRAS CIENCIAS) EN DOS PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO EN AMÉRICA LATINA

Sánchez John<sup>1</sup>, Chávez Dagostino Rosa M.<sup>1</sup>, NúñezCornú Francisco J.<sup>1</sup>, Cupul Magaña Amilcar L.<sup>1</sup>,Suárez Plascencia Carlos<sup>2</sup> y Trejo Gómez Elizabeth<sup>1</sup><sup>1</sup>Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara<sup>2</sup>Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad de Guadalajara

jjsanchez@pv.udg.mx

La educación en Geociencias y otras ciencias en países de América Latina puede ser impactada negativamente por problemas relacionados a desorganización institucional e idiosincrasia. En este trabajo identificamos y describimos un número importante de factores que causan incomodidad y llevan a situaciones conflictivas que afectan tanto a docentes como a estudiantes. La situación laboral inestable, la categorización intrincada del personal académico, las políticas institucionales hacia nuevos programas en Geociencias, y la actitud hacia los nuevos miembros del cuerpo profesoral son algunos de estos aspectos que influyen el progreso y la calidad de los programas en Geociencias en los niveles de licenciatura y posgrado. De manera ligeramente anecdótica compartimos experiencias con otros profesores e investigadores en otras universidades nacionales e internacionales y esperamos contribuir a la búsqueda de la mejora en la educación para el beneficio de futuras generaciones de Geocientíficos.

SE10-3

### PORQUE LA GEOLOGÍA NO ES UNA DISCIPLINA DERIVADA DE LA FÍSICA: LA NECESIDAD DE RECONOCER LAS DIFERENCIAS PARA PODER HACER INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA ENTRE GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA

Ferrari Luca

*Centro de Geociencias, UNAM*

luca@geociencias.unam.mx

Aunque su desarrollo tiene raíces distintas, la Geología como disciplina científica es normalmente agrupada dentro de las Ciencias Exactas (o Ciencias Matemáticas, Físicas y de la Ingeniería). Es opinión común, aunque raramente hecha manifiesta, que la Geología es una disciplina derivada de la Física, como la Geofísica. Sin embargo el razonamiento geológico tiene aspectos peculiares y distintos de la Física, que es importante comprender para llegar a una correcta integración dentro de las Geociencias. El enfoque Físico (ver Descartes, Positivismo lógico etc.) afirma que para que una teoría sea válida tiene que poderse demostrar (o falsificar) y preferentemente ser expresada por un conjunto de datos cuantitativos. Adicionalmente el propósito de la investigación en Física es la de encontrar reglas generales. Dado que la Física se considera la Ciencia por antonomasia en las últimas décadas ha habido una tendencia constante a integrar más aspectos cuantitativos (Matemática, Física y Química) en la investigación Geológica. Sin embargo es importante entender que la Geología no puede ser reducida a una aplicación de estas otras disciplinas sino tiene su propia manera de operar.

La Geología, a diferencia de la Geofísica (con la excepción del Paleomagnetismo), es una ciencias de cuatros dimensiones. Sin embargo, debido a lo incompleto y fragmentario de los eventos del pasado, el enfoque geológico es fundamentalmente distinto a lo de la Física. La Geología es una ciencia interpretativa (hermenéutica) y con una fuerte componente histórica (Frodeman, 1996). Intenta leer el "libro de la naturaleza" por medio de un razonamiento que se mueve constantemente en el tiempo y donde el significado de las partes es usado para reconstruir el todo y vice-versa. La Geología usa otras herramientas, como el razonamiento por analogía (véase p.ej. el uniformitarianismo), el método de las hipótesis múltiples y la inducción por eliminación. En muchos casos el objetivo no es lo de identificar reglas generales sino reconstruir un evento particular que ocurrió en un área específica (un afloramiento, una región, o el planeta entero). Estos "casos de estudios" sin embargo pueden finalmente llegar a la elaboración de reglas generales (p.ej. la Tectónica de Placas). La Geología usa una "lógica narrativa", donde hechos aislados son ligados poco a poco en un conjunto organizado, como en un buen cuento. En este sentido el trabajo del Geólogo se aproxima al de un detective policiaco que tiene que armar un caso a partir de evidencias fragmentarias y lógica inductiva. Un modelo geológico no puede ser falsificado pero su validez puede ser puesta a prueba por medio del modelado físico y numérico (ver Cerca-Martínez, esta sesión). En México son todavía raros los casos de colaboración e interrelación entre geólogo y geofísicos. Es evidente el esfuerzo de integrar aspectos cuantitativos y predictivos en los modelos geológicos. Pero también es necesario que los geofísicos entiendan la complejidad en cuatro dimensiones de los procesos geológicos y reconozcan el valor del razonamiento geológico para resolverlos. La colaboración se podrá dar de mejor forma en un plano de entendimiento mutuo de su respectiva manera de hacer ciencia.

SE10-4

### **EL NUEVO MODELO EDUCATIVO DEL IPN APLICADO A LAS CARRERAS DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

Rocha de la Vega Francisco Rubén

*Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN*

frochav@ipn.mx

El papel determinante que ahora juegan las instituciones generadoras y transmisoras de conocimiento ha tenido como consecuencia nuevas demandas y requerimientos, sobre todo a las instituciones de educación superior, mismas que deben tener estructuras adecuadas que impulsen la creatividad y la innovación, ser más efectivas en su impacto en el desarrollo regional, atender nuevos tipos de estudiantes, y flexibilizarse para permitir nuevas formas de generación y aplicación del conocimiento.

El proceso de reforma académica integral del Instituto Politécnico Nacional (IPN) se sustenta en la tradición de su pasado, con el propósito de hacerla plenamente vigente para el futuro y está diseñando los nuevos caminos por los que transitará la comunidad politécnica; de tal modo que sea posible lograr un IPN renovado, de mayor calidad y pertinencia, capaz de enfrentar un entorno cambiante y un porvenir cada vez menos predecible.

El Modelo Educativo es una representación de la realidad institucional que sirve de referencia y también de ideal. El modelo educativo actual, parte de la participación colectiva del profesorado que involucre nuevos esquemas de enseñanza y aprendizaje, uso de modernas herramientas de tecnología educativa, nuevas tendencias de formación docente y, lo más

importante, con una nueva mentalidad. Por tanto, el énfasis deberá ponerse en los procesos relacionados con la formación de los jóvenes, de los profesionales y de los posgraduados.

De acuerdo con lo anterior, el nuevo Modelo Educativo del IPN tiene como característica esencial el estar centrado en el aprendizaje, pero un tipo de aprendizaje que:

- promueva una formación integral y de alta calidad científica, tecnológica y humanística;
- combine equilibradamente el desarrollo de conocimientos, actitudes, habilidades y valores;
- proporcione una sólida formación que facilite el aprendizaje autónomo, el tránsito de los estudiantes entre niveles y modalidades educativas, instituciones nacionales y extranjeras y hacia el mercado de trabajo;
- se exprese en procesos educativos flexibles e innovadores con múltiples espacios de relación con el entorno, y
- permita que sus egresados sean capaces de combinar la teoría y la práctica para contribuir al desarrollo sustentable de la nación.

Bajo estos preceptos, los planes curriculares, recientemente modificados, de las carreras de Ciencias de la Tierra en el IPN, se sustenta directamente a partir de las fases formativas adaptables a un buen desempeño pedagógico. Estas comprenden actividades de aula, actividades de laboratorio y de instrumental, actividades de campo, actividades de procesamiento e interpretación de datos conjuntadas con actividades de cómputo. Es claro que todas estas etapas, son adaptables para que el profesor funja como un facilitador del aprendizaje, y de que existan propuestas tanto del alumno y profesor para generar diversas condiciones y alternativas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Completar satisfactoriamente el tipo de enseñanza dinámica, romper los esquemas de dependencia del alumno hacia el profesor e inculcar iniciativas al alumno será posible bajo la conciencia de la transformación de la educación emprendida por nuestro Instituto hacia la educación basada en el aprendizaje.

SE10-5

### **RETOS EN LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES EN LA INGENIERÍA GEOFÍSICA DEL SIGLO XXI: UN ENFOQUE ACADÉMICO**

Amador Terrazas Eduardo

*Facultad de Ingeniería, UNAM*

eamadort@yahoo.com.mx

Los cambios sociales y económicos que se están dando en nuestro país hacen prever modificaciones en el ejercicio profesional de los Ingenieros Geofísicos y otros profesionistas. Por la naturaleza de su profesión a la exploración de recursos naturales, los ingenieros geofísicos han cumplido con la función que la sociedad ha demandado. La exploración de recursos naturales ha sido por excelencia el campo de trabajo de estos ingenieros, que se encuentran vinculados con la industria nacional minera, petrolera, eléctrica, etc. Sin embargo, la demanda interna de los productos derivados de la explotación de recursos naturales ha sobrepasado las expectativas de desarrollo. Por el crecimiento del país la demanda seguirá en aumento, y cada vez se requiere de un mayor conocimiento y uso de nuevas metodologías y tecnologías para la exploración y explotación de los recursos renovables y no renovables.



En las próximas décadas, la búsqueda de nuevas fuentes de energía será una de las actividades prioritarias. Desde el punto de vista energético, el petróleo seguirá siendo la principal fuente de energía, sin embargo, su localización requerirá de conocimientos más profundos de física y matemáticas para poder entender el comportamiento de las rocas y fluidos a gran profundidad. Se esperan nuevos retos en aquellos yacimientos que requieran de una reingeniería y en aquellas regiones de mayor profundidad como en el Golfo de México, así como la exploración y extracción de reservas de gas en el país.

Un recurso de vital importancia para el desarrollo de la vida es sin duda el agua. En la mayor parte del país, el agua solo se localiza en el subsuelo; los estudios geológico-geofísicos para la localización y el comportamiento de los acuíferos, requerirán de técnicas tan avanzadas como las que actualmente se utilizan en el área petrolera.

Una industria que seguirá requiriendo ingenieros geofísicos será la minería. México cuenta con una gran cantidad de regiones susceptibles de almacenar minerales tanto en tierra como en sus fondos marinos, por lo que la exploración y explotación de minerales metálicos y no metálicos tales como los hidratos de metano y los minerales polimetálicos entre otros, tan importantes para el beneficio económico del país.

Otra actividad que es de gran importancia y aplicación inmediata es la geotécnica. La necesidad de fortalecer la infraestructura del país mediante grandes obras de infraestructura, cimentación de edificios, construcción de presas, vías de comunicación, puentes, túneles, etc., saben de la importancia de contar con estudios confiables del comportamiento y estructura del subsuelo que garanticen la seguridad e integridad humana.

SE10-6

### **EVOLUCIÓN DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA GEOFÍSICA EN LA BUAP**

González Pomposo Guillermo Jorge y González Ortiz Alma Abigahyl

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

gugonzal@siu.buap.mx

En el 2001 se crea el programa educativo de Ingeniero Geofísico en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, el contexto lo constituye la gran demanda de profesionistas en el área de conocimiento en el estado, la zona sur y sur-este del país; El Plan de Estudios está diseñado para formar a los estudiantes en una sólida preparación en las áreas de la Física, Matemática, Geología e Instrumentación Geofísica que le permita desarrollar habilidades para el uso y diseño de métodos directos e indirectos para explorar, localizar, evaluar y extraer los recursos naturales que el país requiere. Satisfacer la demanda de especialistas en fenómenos de riesgos naturales. En este trabajo se presenta la evolución del programa educativo de ingeniería geofísica de la BUAP, realizando un análisis del cambio temporal de la demanda de ingreso al programa, el índice de egreso y los cambios en la trayectoria académica de los estudiantes presentando las problemáticas que generan la deserción, índice de reprobación y bajo porcentaje de titulación. Se presenta además la vinculación de este programa con diferentes instituciones de posgrado y con el sector laboral.

SE10-7

### **EL POSGRADO DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN EL CICESE**

Kretzschmar Thomas y Wong Ortega Víctor

*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*

tkretzsc@cicese.mx

La División de Ciencias de la Tierra del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) ofrece un proyecto educativo sólido e integrado en los niveles de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Tierra con cuatro orientaciones: Geociencias Ambientales, Geofísica Aplicada, Geología y Sismología.

Nuestro Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra busca la colaboración de diferentes especialistas en geociencias y ciencias ambientales que puedan aplicar sus conocimientos y experiencias en la formación de recursos humanos del más alto nivel para abordar temas de investigación básica y aplicada para el manejo y sustentabilidad de los recursos naturales y medio ambiente.

Este Programa de Posgrado está diseñado pensando en los profesionistas que están interesados en complementar su carrera profesional con estudios de posgrado en alguna de las especialidades de geociencias y medio ambiente para luego integrarse al sector productivo y en quienes desean iniciar una carrera académica dedicada a la investigación científica.

Nuestro Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra es una excelente opción para los egresados de licenciatura o maestría, en cualquiera de las ramas de las ciencias naturales, geociencias e ingeniería, que deseen ampliar sus conocimientos y su experiencia en Ciencias de la Tierra.

El objetivo del posgrado es la formación de maestros y doctores en Ciencias de la Tierra con una base amplia de conocimientos en Geociencias Ambientales, Geofísica Aplicada, Geología y Sismología que les permita interactuar con especialistas de diferentes disciplinas para que promuevan la investigación científica y el aprendizaje desde un enfoque multidisciplinario planteando soluciones a los problemas nacionales de actualidad, como son: localizar agua, minerales, fuentes de energía, riesgos geológicos, riesgo sísmico y uso sustentable de los recursos naturales, medio ambiente y suelos.

SE10-8

### **PRESENTACIÓN DEL PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA.**

Flores Márquez Leticia

*Instituto de Geofísica, UNAM*

leticia@geofisica.unam.mx

El propósito del programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra es formar maestros y doctores, esto es, científicos y académicos de alto nivel, capaces de participar en el análisis y solución de problemas de frontera tanto nacionales como mundiales, utilizando métodos científicos y tecnológicos vanguardistas, además de su contribución en la formación de futuras generaciones de geocientíficos en sus distintos niveles de graduación.

Los Campos de Conocimiento que comprende el programa son:

Campo 1 Geofísica de la Tierra Sólida: Geodinámica y Geofísica Marina, Paleomagnetismo, Riesgo por Fenómenos Naturales, Sismología y Vulcanología.

Campo 2 Aguas Subterráneas, Exploración y Modelación: Aguas Subterráneas, Exploración, Modelación Matemática de Sistemas Terrestres y Percepción Remota

Campo 3 Geología: Caracterización de Cuencas Sedimentarias, Ciencias Ambientales, Depósitos Minerales y Sistemas Hidrotermales, Estratigrafía y Paleontología, Geología Estructural y Tectónica, Geoquímica y Petrología.

Campo 4 Ciencias Atmosféricas, Espaciales y Planetarias: Cambio Climático, Físico Química Atmosférica, Física de Nubes e Interacción Micro y Mesoescala, Interacción Océano Atmósfera, Meteorología Tropical, Teoría del Clima, Ciencias Espaciales, Ciencias Planetarias, y Procesos Radiacionales y Electromagnéticos en Atmósferas Planetarias.

En estos campos se estudian todos los procesos terrestres, que proporcionan un mejor entendimiento de la dinámica y evolución de la Tierra. Las diferentes líneas de investigación que integran los campos del conocimiento abarcan aspectos multidisciplinarios de todas las ciencias, en particular física, química, geología, biología, etc. Los grados que se otorgan, en todos los campos del conocimiento, son de maestría y doctorado, con una duración de estudios de cuatro y seis semestres, respectivamente.

Para el caso de estudios de maestría los egresados manejarán con soltura la información geocientífica general, así como aquella que proviene de las revistas científicas especializadas más importantes. Además estarán capacitados para realizar trabajos de investigación, desarrollo y difusión, tanto en el ámbito académico como en el tecnológico.

Para el caso de estudios de doctorado, los egresados sean capaces de identificar y evaluar problemas de investigación y desarrollo, así como de planear estrategias de trabajo tendientes a su solución. Además estarán capacitados para organizar y dirigir grupos de trabajo que realicen investigación de tipo original y de frontera sobre una base académica, tanto en el ámbito científico como en el ámbito de las industrias y organismos vinculados a la problemática en Ciencias de la Tierra. Podrán formar recursos humanos de la más alta calidad científico-académica a nivel de Especialización, Maestría y Doctorado en Ciencias de la Tierra.

SE10-9 CARTEL

### **LA CARRERA DE INGENIERÍA GEOFÍSICA EN EL IPN, SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS**

Murillo Cruz Efrén y Salazar Pena Leobardo

*Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN*

efmurilloc@ipn.mx

Desde su creación la carrera de Ingeniería Geofísica en el Instituto Politécnico Nacional a la par de la transformación de la educación superior en México, se ha adaptado en el tiempo para ofrecer una formación profesional de calidad. Como parte de las ciencias de la Tierra, tiene como misión la generación y aplicación del conocimiento orientado a la exploración de recursos naturales, estudio de fenómenos naturales y al cuidado del medio ambiente, haciendo uso de metodologías científicas y tecnología de vanguardia.

La restructuración de la carrera lograda en el año 2004 se caracteriza por una estructura curricular que se compone de nueve semestres, dividida en tres etapas fundamentales de educación. Inicialmente un tronco común ofrecido en los primeros dos semestres dominado por asignaturas de las ciencias básicas. Luego, formación geofísica combinada con asignaturas de las ciencias de la ingeniería y el complemento de ciencias básicas, que ocurre del tercero al séptimo semestre. Finalmente en el octavo y noveno semestres, una fase caracterizada por el desarrollo de un proyecto terminal con fines de titulación. La oferta del desarrollo de proyecto para la obtención del título abarca tres áreas: Geofísica Ambiental y Riesgo Geológico, Geofísica Petrolera y el área de Exploración Minera y de Aguas Subterráneas.

En su funcionamiento, la carrera está estructurada en tres academias que son la academia de sismología, la academia de métodos potenciales y la academia de geofísica superficial. Se cuenta con instrumental geofísico, se dispone de software especializado donado reciente por parte de importantes empresas de la industria petrolera de nivel mundial, así como un centro de procesamiento de datos sísmicos. Este soporte tecnológico permite el desarrollo de prácticas requeridas en varias asignaturas.

En su ejercicio académico la carrera de Ingeniería Geofísica incluye actividades muy importantes como investigación, vinculación y servicio externo. Dentro de este marco se desarrollan proyectos con la Sección de Posgrado e Investigación de la escuela, proyectos propios de la carrera y proyectos de servicio. Destacan aquellos realizados para Petróleos Mexicanos y para el Gobierno del Distrito Federal, que recayeron principalmente en exploración gravimétrica, magnética, sismológica y eléctrica. En investigación, se ha incursionado en los temas de oceanografía, geofísica volcánica, geofísica ambiental y agrietamientos en zonas urbanas. La mayoría de los proyectos de investigación o de desarrollo tecnológico de la carrera se han divulgado en los congresos nacionales de Geofísica.

SE10-10 CARTEL

### **APOYO TECNOLÓGICO A LA BRIGADA ESCUELA DE GEOCIENCIAS EN EL IPN**

De los Santos Cano Gabriela

*Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN*

gsantosc@ipn.mx

La Brigada Escuela de Geociencias, se implanto en IPN, con la finalidad de ofrecer entrenamiento para el personal de Pemex Exploración y Producción.

Dicho entrenamiento se conforma de actividades necesarias para la exploración de hidrocarburos, enfocándose específicamente a la parte geológica-geofísica, tanto en forma teórica como practica, algunas de las actividades geofísicas son exploración gravimétrica, exploración magnetométrica, en las cuales se considera desde la adquisición de datos hasta la interpretación de los mismos, una vez que se han corregido y procesado. El entrenamiento en el Centro de Procesado Sísmico sigue la misma dinámica, pero, siendo la exploración sísmica una de las herramientas más importantes de la geofísica, el procesado se maneja en forma independiente de la adquisición e interpretación.

El entrenamiento en Procesamiento de Datos Sísmicos cubrió tanto la parte teoría en un curso intensivo de 8 horas en aula,

teniendo como material didáctico el uso de pizarra y presentación con diapositivas; así como la parte práctica en un entrenamiento de 80 horas, para el cual se dispuso del CPS-IPN, en el cual se cuenta con el hardware que cubre las necesidades fundamentales para realizar dicha tarea, el software especializado SeisUp y un juego de datos proporcionado por PEP con fines educativos.

El entrenamiento práctico de PDS se impartió a las dos últimas generaciones de BEG, con las cuales se obtuvieron los resultados deseados, los participantes experimentaron el trabajo como analistas, utilizaron su criterio y experiencia al momento de analizar y procesar señales sísmicas.

Antes y durante el entrenamiento, se diseñaron diferentes flujos de proceso, con los cuales, se probó la eficiencia del sistema (Hardware y Software), la velocidad de proceso, la interface interactiva y la eficacia de los algoritmos con los que cuenta SeisUp. Considerándolo un sistema completo, amigable y eficaz.

SE10-11 CARTEL

### **ORGANIZACIÓN ESTUDIANTIL EN LA CARRERA DE INGENIERÍA GEOFÍSICA DEL IPN**

Belmares Servín Jonathan, Medel Hernández Hugo, Macías Moreno Marco Antonio, Lozada García Antonio y Galaviz Alonso Alberto

*Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN*

jbelmaress0600@ipn.mx

Los estudiantes de la carrera de Ingeniería Geofísica del Instituto Politécnico Nacional participan en diversas actividades de tipo académico y de integración, en conjunto con la coordinación de carrera. La estructura de la organización estudiantil parte de dos alumnos consejeros y de los líderes de la Asociación Politécnica Estudiantil de las Ciencias de la Tierra.

Los alumnos consejeros fungen como intermediarios en la relación de alumno-autoridad, esto se lleva a cabo principalmente con la coordinación de carrera y su participación oficial en las juntas de consejo escolar. En este proceso se atienden asuntos de tipo académico y algunos casos apuntan hacia los derechos e intereses de los alumnos. Por otro lado la asociación estudiantil, tiene intervención directa en el comité de geopolítica de la escuela. En este marco se organizan sesiones de discusión sobre temas geopolíticos de interés actual en México, destacando la participación de personalidades de la política y del periodismo.

Una de las labores más importantes de los alumnos, es la organización periódica del evento Semana de la Geofísica. En la organización de este evento se reparten responsabilidades junto con la coordinación de la carrera y los profesores. El evento se desarrolla con la impartición de conferencias de profesionistas e investigadores invitados del medio de la geofísica en México, así como de la exposición en cartel de los proyectos de la carrera.

Aunado a las labores académicas se organizan también en forma periódica eventos de integración, que consisten de eventos deportivos, culturales, torneos de ajedrez, cine, exposición fotográfica, de minerales y artesanal. Estos eventos de integración generalmente acompañan a los eventos académicos que organiza la carrera o la escuela.

Recientemente, los proyectos que desarrolla la carrera ya sea de servicio o de investigación, tienen intervención directa de los alumnos en las etapas de adquisición de datos y de interpretación. Esta actividad está debidamente asesorada por el profesor responsable. En varios casos, cuando el proyecto finalmente se expone en congresos, los alumnos mismos ofrecen

la exposición en conferencia o cartel. Esta actividad se verá fortalecida con el desarrollo de proyectos terminales que ahora se incluyen el plan de estudios de la carrera con fines de titulación.

Otra respaldo importante con la que cuenta la organización estudiantil, es el auspicio de la Society of Exploration Geophysicists (SEG), que incluye su inscripción como miembro estudiantil.

Sesión Especial

# **Taller sobre perspectivas y futuro de la arqueometría mexicana**

Organizador:  
Avto Gogichaishvili

SE11-1

## METODOLOGÍA INTERDISCIPLINARIA EN ARQUEOLOGÍA: PERSPECTIVAS DEL SIGLO XXI

Manzanilla Linda

*Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM*

lmanza@servidor.unam.mx

La Arqueología, un puente transdisciplinario entre ciencias naturales y exactas, por un lado, y ciencias sociales, por el otro, ha requerido de una creciente sistematización de la recopilación de datos, los análisis de los materiales, y la interpretación. Desde los primeros aparatos topográficos, pasando por el uso de fotografía aérea, prospecciones geofísicas y geoquímicas, hasta el uso de fotografías de satélite y su análisis en sistemas de información geográfica, han sido integrados al análisis preliminar de la región y sitio arqueológico a estudiar con detalle, reduciendo cada vez más la necesidad de excavar.

La excavación arqueológica ya es más una cirugía de precisión para desentrañar patrones repetidos de comportamientos de las sociedades del pasado, a través de los estudios de distribución de diferentes tipos de datos, materias primas, artefactos y desechos. La obtención de muestras para fechamientos cada día más absolutos, de materiales microscópicos que evidencien las condiciones de vegetación que rodeaban al asentamiento, el estudio químico de los pisos para evidenciar, cual detectives, qué sucedió en cada recinto, son parte del quehacer de los arqueólogos del siglo XXI.

La física entra de manera activa en diversas técnicas de fechamiento absoluto: termoluminiscencia, arqueomagnetismo, radioisótopos, así como en el uso de técnicas sofisticadas para averiguar más sobre la tecnología y la procedencia de las materias primas con que fueron hechos cerámicas, instrumentos líticos, objetos suntuarios, etc.

La biología entra en juego para determinar especies presentes en el ambiente; aquellas utilizadas en la subsistencia, la manufactura, el intercambio o el ritual; las que son emblemas del poder.

La química ayuda a analizar no sólo pisos de estuco para ver dónde se tiraron líquidos que nos evidencien actividades, sino en el estudio de fondos de vasijas para averiguar más sobre qué platillos eran preparados y con qué ingredientes.

Los análisis osteológicos permiten entender las proporciones de hombres, mujeres y niños presentes en las poblaciones del pasado, sus índices antropométricos, las patologías que dejan huellas en sus esqueletos, las prácticas culturales que se manifiestan en las formas de deformación del cráneo y mutilación dentaria. Ya en el siglo pasado se dio un salto al analizar isotópicamente los esqueletos humanos, para averiguar, a través de las proporciones de bario, estroncio y zinc, la paleodieta de cada uno de ellos; o bien, a través de las proporciones isotópicas de estroncio 87/86 o de isótopos estables, la procedencia de los individuos: si son migrantes, o poblaciones locales. El ADN sobre restos óseos permite también entender la segregación de grupos diversos en poblaciones multiétnicas, o bien, la posibilidad de mestizaje.

Actualmente, se dará un salto más al analizar isotópicamente cada uno de los aminoácidos presentes en el colágeno que determinan la dieta, para aseverar con mayor precisión qué comieron. Este gran rompecabezas de datos permite aseverar con mayor precisión dónde y cuándo sucedieron los eventos, quiénes participaron y cómo cambiaron las sociedades del pasado. La integración de los datos es la culminación del proceso.

SE11-2

## ANÁLISIS NO DESTRUCTIVO IN SITU: NUEVOS INSTRUMENTOS Y ESTRATEGIAS EN ARQUEOMETRÍA EN MÉXICO

Ruvalcaba Sil José Luis

*Instituto de Física, UNAM*

sil@fisica.unam.mx

En los últimos años, los análisis no destructivos se han desarrollado rápidamente. Hace una década, el uso de aceleradores de iones abrió la puerta a una gran diversidad de problemáticas y una amplia gama de materiales. Así, en el Instituto de Física de la UNAM (IFUNAM) se han realizado estudios de procedencia, tecnologías antiguas, uso de materiales, intercambio, y aspectos de deterioro y conservación de cerámicas, huesos, dientes, artefactos metálicos, pinturas, manuscritos, etc. Ningún otro laboratorio ha abordado tal variedad y diversidad de cuestiones arqueométricas desde este punto de vista.

Con la experiencia y conocimientos adquiridos se decidió llevar el laboratorio a los acervos e implementar una serie de metodologías in situ para una primera caracterización de los materiales históricos. Esto incluyó la optimización de técnicas de imágenes con luces infrarroja y ultravioleta para un examen global, y el análisis instrumental para estudios no destructivos con equipos portátiles como fluorescencia de rayos X con un dispositivo diseñado y desarrollado en el IFUNAM. Dicho equipo ha sido tan exitoso para el estudio de manuscritos, pintura, artefactos metálicos y líticos, que actualmente se construyen sistemas similares para los Institutos de Investigaciones Estéticas e Investigaciones Antropológicas de la UNAM. Con dicha metodología, se han realizado estudios pioneros en importantes acervos del país del INAH, INBA, BUAP y la UNAM, entre otros. Dentro del exitoso proyecto CONACyT U49839-R "MOVIL", se han instrumentado - dentro de un marco de investigación interdisciplinario en el cual colaboran, historiadores, restauradores, arqueólogos, químicos, físicos, geólogos e ingenieros - una serie de nuevas técnicas para este fin. Con el uso de los espectrómetros de luz en el intervalo de ultravioleta a infrarrojo (300-1000nm), y equipos portátiles de Raman e Infrarrojos (Mid-FTIR) se ha complementado y fortalecido la metodología de caracterización de colecciones y de objetos únicos, tal es el caso de los códices prehispánicos y coloniales. Las nuevas estrategias, las cuales incluyen la constitución de bases de referencia materiales con fines de calibración y comparación, han dado lugar a estudios pioneros en diversos ámbitos, y como consecuencia a nuevos retos que involucran cada vez más a más especialistas de las humanidades y de las ciencias. Entre los objetivos de este proyecto se tiene, además de la integración de redes de investigación interdisciplinaria, la conformación de bases de información abiertas a los especialistas del área. Desde esta perspectiva, se presenta la metodología general de investigación y algunos de los estudios realizados dentro de este proyecto, poniendo en evidencia el enorme potencial de este tipo de investigaciones arqueométricas para el país.

SE11-3

### ARQUEOMAGNETISMO – NUEVOS MATERIALES, MAYOR RESOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL, RETOS Y PERSPECTIVAS

Urrutia Fucugauchi Jaime  
 Instituto de Geofísica, UNAM  
 juf@geofisica.unam.mx

El campo geomagnético presenta variaciones espaciales y temporales en un amplio rango de escalas. En periodos de años a miles de años la dirección e intensidad del campo geomagnético cambia en el fenómeno de variación secular. Estos cambios proporcionan una herramienta sencilla para fechar y correlacionar eventos a través de datos magnéticos y ha sido ampliamente usada en arqueomagnetismo. Estos cambios de variación secular corresponden a variaciones de hasta un par de decenas de grados y han sido cuantificados en varias partes del mundo para los últimos miles de años, lo que constituye las curvas de variación secular y que constituyen las curvas de referencia para fechamiento. La componente principal del campo magnético terrestre corresponde a un campo dipolar axial. Este campo principal geocéntrico y axial proporciona una forma sencilla de referencia geográfica que ha sido aprovechada para orientarse utilizando la brújula magnética desde hace tiempo y que ha jugado un papel importante en los viajes de navegación. La variación secular se refleja en cambios en la posición relativa de los polos geomagnéticos norte y sur sobre la superficie terrestre, ocasionando un alejamiento angular con respecto a los polos geográficos. Las rocas y materiales arqueológicos, por diferentes mecanismos son capaces de adquirir y preservar registros magnéticos asemejándose a pequeñas brújulas fósiles. Los parámetros magnéticos medidos en laboratorios en muestras arqueológicas o sedimentos y rocas volcánicas en excavaciones en contextos arqueológicos pueden ser empleados para resolver problemas de fechamiento, correlación, problemas geométricos, caracterización y proveniencia. En aplicaciones en arqueología se aprovechan las variaciones espaciales y temporales del campo geomagnético y también las diferentes formas de adquisición, propiedades y registros magnéticos en las rocas y materiales. Para la caracterización de materiales y estudios de proveniencia, técnicas de manufactura y transferencia de tecnología se están analizando diferentes materiales como cerámicas, metales, obsidianas, etc. En esta presentación, a partir de los fundamentos del arqueomagnetismo, se analizan y discuten nuevos desarrollos metodológicos y conceptuales, uso de nuevos materiales, retos y problemas.

SE11-4

### LOS MÉTODOS GEOFÍSICOS: UNA ALTERNATIVA EN LA BÚSQUEDA DE VESTIGIOS ARQUEOLÓGICOS

Chávez Segura René<sup>1</sup>, Cámara Moral María<sup>2</sup>,  
 Argote Denisse<sup>1</sup> y Tejero Andrade Andrés<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales,  
 Universidad Politécnica de Madrid, España

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

exprene@geofisica.unam.mx

Los métodos geofísicos se han convertido en herramientas importantes y comunes para la prospección arqueológica. Los

resultados geofísicos proporcionados en términos de anomalías geofísicas son un medio importante de definir áreas de excavación tanto en sitios de importancia Pre-Hispánica y Colonial. Hasta mediados del siglo pasado, la excavación era el único medio para descubrir las estructuras arqueológicas. Hacia mediados del siglo XX se realizan los primeros ensayos de mediciones geofísicas en superficie en Europa, en particular los métodos magnético y eléctrico. En México se realizaron algunos estudios de forma aislada, en los 50's y 70's, y actualmente esta herramienta comienza a ser utilizada de manera más constante en el estudio de sitios por los arqueólogos. Una de las características más importantes de estas técnicas es que no destruyen los materiales históricos, ni alteran el contexto arqueológico. Las características físicas de las estructuras enterradas pueden deducirse, como son: profundidad, tamaño, dimensiones laterales y sus propiedades. Tales técnicas son útiles para entender aspectos de un sitio arqueológico antes de la excavación, a condición de que exista un buen contraste entre los parámetros físicos medidos que caracterizan las estructuras arqueológicas y su contexto geológico. Finalmente y debido al gran desarrollo tecnológico de los últimos años, ha sido posible la creación de equipos de medición de alta resolución y que ha redundado en estudios que pueden realizarse de forma rápida y eficaz.

En este trabajo se presentan algunos ejemplos de la aplicación de los métodos geofísicos en donde el grupo de Exploración Geofísica perteneciente al Instituto de Geofísica de la UNAM ha participado. Entre ellos se muestran algunos resultados de los estudios llevados a cabo hacia la porción oriental de la Pirámide del Sol, en colaboración con el IIA-UNAM en la búsqueda de cavidades y túneles. Posteriormente se presenta un estudio realizado en colaboración con dos Universidades Americanas y la UNAM en los alrededores de la Pirámide del Castillo, en Chichen Itza. Se utilizó el método de GPR para identificar a profundidad una depresión en la roca caliza, que se asoció a la presencia de un túnel ó un Sacbé en dirección a la pirámide.

SE11-5

### LA ISOTOPIA DE ESTRONCIO Y MIGRACIÓN HUMANA EN EL PASADO

Schaaf Peter<sup>1</sup>, Solís Pichardo Gabriela<sup>1</sup>, Manzanilla Linda<sup>2</sup>, Hernández Teodoro<sup>1</sup> y Horn Peter<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie, Alemania

pschaaf@geofisica.unam.mx

Varios métodos isotópicos originalmente desarrollados para las ciencias de la tierra cuentan hoy también con aplicaciones en otras disciplinas de las ciencias naturales. Ejemplos son el método por radiocarbono y la geoquímica isotópica de Sr aplicados en arqueología y antropología. El primero actualmente se usa rutinariamente para fechamientos hasta 40,000 años; también existe un gran número de trabajos usando la isotopía de Sr para identificar migración humana en el pasado.

El valor  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  en huesos humanos y la dentina de un individuo, corresponde al valor  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  del suelo donde ha vivido la persona en los últimos 3-4 años. El maíz y otras plantas comestibles normalmente eran de origen local (una condición que en el presente no se puede aplicar en la misma manera) y siempre tienen la misma isotopía que el suelo donde crecieron. Sin embargo, el esmalte de los dientes conserva la isotopía de Sr

de la alimentación (y del suelo) del individuo durante su infancia, cuando se generaron los primeros molares. Si la persona siempre ha vivido en el mismo lugar, el valor  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  en sus huesos y en su esmalte es parecido. Por otro lado, si la persona ha vivido en diferentes lugares, la isotopía de Sr en sus huesos y su esmalte puede ser distinta. La relación  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  en las plantas y en el suelo depende forzosamente de las condiciones geológicas. La isotopía de Sr de suelos volcánicos, como los del altiplano de México, es diferente a valores de suelos en la planicie de Yucatán (con rocas carbonatadas) o de la región de Oaxaca (con rocas metamórficas grenvillianas). Hoy existe una base de datos de  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  para casi todas las formaciones geológicas de México junto con sus suelos y aguas proximales. En el caso de valores de  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  divergentes (hueso vs. esmalte) de un individuo de un entierro, se puede detectar el hecho de una migración y frecuentemente también su procedencia original.

La metodología en la preparación de material humano es complicada, requiriéndose varios procesos de limpieza y de lixiviado para obtener valores  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  confiables y aplicables para la resolución de problemas de migración en la antropología.

SE11-6

### **PINTANDO EN EL OTRO MUNDO: LAS TÉCNICAS Y MATERIALES DE LAS TUMBAS ZAPOTECAS DE OAXACA**

Magaloni Kerpel Diana<sup>1</sup>, Falcón Álvarez Tatiana<sup>1</sup>, Baglioni Piero<sup>2</sup> y Georgi Rodorico<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM*

<sup>2</sup>*Departamento de Química, CSGI, Universidad de Florencia, Italia*

dmagaloni@yahoo.com

Los antiguos zapotecos desarrollaron una de las escuelas pictóricas funerarias más importantes de Mesoamérica. Las tumbas pintadas de Monte Albán (500-750 D.C) y la tumba 5 de Suchilquitongo (ca. 800 d.C), son hasta ahora los ejemplos paradigmáticos de esta tradición. En el marco del Proyecto La Pintura Mural Prehispánica en México, estudiamos esta tradición técnica. Las muestras fueron analizadas mediante microscopía óptica, MEB-EDS, DRX y FTIR. El trabajo encuentra que el arte funerario tiene específicos requerimientos simbólicos que a su vez se traducen en soluciones técnicas particulares; especialmente tratamos la formulación de los pigmentos rojos del fondo y la diferencia que hay en los pigmentos usados en cada tumba, los cuales parecen provenir de distintos lugares en los Valles Centrales de Oaxaca.

SE11-7

### **LA ARQUEOMETRÍA Y SUS APLICACIONES EN CUEVAS ARQUEOLÓGICAS**

Acosta Ochoa Guillermo

*Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM*

acostaococha@yahoo.com.mx

Las cuevas arqueológicas son una excelente ventana al pasado debido sus cualidades particulares, pues suelen tener un grado de conservación excepcional y, en muchas ocasiones, amplias secuencias de ocupación que, en el caso de Chiapas abarcan más de once mil años calendáricos. En esta área se han estudiado diversas cavidades naturales y sus restos

arqueológicos como son abrigos con ocupaciones desde el Pleistoceno final (ca. 11,500 años a.p.), cuevas con ofrendas cerámicas (ca. 550 a.C.- 600 d.C.) y simas con pintura rupestre (ca. 900-1500 d.C.). Los estudios arqueométricos empleados de manera sistemática en estas investigaciones se han centrado en fechar las ocupaciones del Pleistoceno y Holoceno temprano (radiocarbono y paleomagnetismo), la cerámica de las ofrendas masivas (intensidad magnética) y las pinturas rupestres (magnetismo remanente pictórico). Otras aplicaciones arqueométricas han sido los análisis químicos (spot test) de las superficies de ocupación del Pleistoceno y de los residuos en las vasijas arqueológicas. Lo anterior nos ha permitido evaluar los aspectos más variados de la cronología y funcionalidad de los contextos y materiales arqueológicos y confirma la necesidad de mantener un enfoque interdisciplinario en el estudio del pasado.

SE11-8

### **ESTADÍSTICA BAYESIANA PARA GENERAR CRONOLOGÍAS DE 14C CON ALTA RESOLUCIÓN: EL CASO DE TEOTIHUACAN**

Beramendi Orosco Laura E.<sup>1</sup>, González Hernández Galia<sup>2</sup>, Manzanilla Linda<sup>3</sup>, Soler Arechalde Ana M.<sup>2</sup>, Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>2</sup> y Gogichaishvili Avto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Geología, UNAM*

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

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

laura@geofisica.unam.mx

La datación por 14C es una herramienta muy utilizada para generar cronologías del Cuaternario tardío. Sin embargo, la incertidumbre que se obtiene al calibrar las edades convencionales de radiocarbono a escala calendario dificulta la construcción de cronologías, sobre todo en el ámbito de la arqueología, ya que para diferentes ocupaciones se llegan a obtener los mismos intervalos del calendario. La estadística Bayesiana permite realizar un análisis integrando edades de radiocarbono de varias muestras relacionadas entre sí con otro tipo de información arqueológica (estratigrafía, tipología, datos históricos), resultando en una mayor precisión en las edades calibradas y obteniéndose una cronología con alta resolución en la que es posible distinguir diferentes ocupaciones o periodos para el sitio excavado.

Teotihuacan es uno de los centros urbanos más grandes y estudiados de Mesoamérica, que tuvo una gran relevancia en el periodo Clásico. Para estudiar el proceso de consolidación del Estado Teotihuacano y su posterior colapso y abandono, es necesario contar con una cronología lo más precisa posible. Actualmente se está trabajando en la generación de una cronología de alta resolución para el Valle de Teotihuacan, a partir del análisis Bayesiano de 110 edades convencionales de 14C e información arqueológica detallada relacionada con ocupaciones, cerámica y fechas arqueomagnéticas. Las muestras provienen de excavaciones extensivas y detalladas realizadas entre 1974 y 2005 en proyectos dirigidos por Linda R. Manzanilla en Teopancazco, Xalla, Cuanalan, y cuatro túneles ubicados al este de la Pirámide del Sol.

Cada sitio ha sido calibrado de manera individual con la información específica para cada uno, agrupando las muestras por ocupaciones de acuerdo a la arquitectura y cerámica asociada. La calibración se realizó utilizando el

programa BCal y la curva de calibración IntCal\_04. El primer sitio estudiado es Teopancazco, con 33 edades de 14C agrupadas en 3 ocupaciones y una transición. Las edades calibradas con el modelo Bayesiano resultan en intervalos del calendario hasta 75% más cortos que los obtenidos en calibraciones individuales, y fue posible confirmar que dos muestras que provenían de contextos presumiblemente alterados representaban efectivamente datos desviados. La cronología calibrada con el modelo Bayesiano concuerda bien con fechas obtenidas por arqueomagnetismo en pisos y estucos del mismo sitio, y permite distinguir las diferentes ocupaciones de Teopancazco. Para Cuanalan se cuenta con 9 edades de 14C, agrupadas en dos ocupaciones. Las edades calibradas resultan en intervalos hasta 68% más cortos que los obtenidos en calibraciones individuales. La cronología Bayesiana sugiere que la primera ocupación en Cuanalan fue 100 años más prolongada que en la cronología previamente propuesta. Las cronologías para Xalla y los cuatro túneles excavados al este de la Pirámide del Sol están en proceso de calibración, pero se espera obtener intervalos del calendario acotados, permitiendo distinguir las diferentes ocupaciones para cada sitio.

Las cronologías individuales se integran para generar una cronología de alta resolución para Teotihuacan.

El estudio demuestra que la estadística Bayesiana es una herramienta útil para integrar información arqueológica detallada con datos cronométricos y generar cronologías de alta resolución.

SE11-9

### EL PAPEL DE LA QUIMICA EN EL ESTUDIO DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS

Barba Pingarrón Luis

*Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM*

barba@servidor.unam.mx

Las técnicas químicas fueron parte de las primeras técnicas de prospección arqueológica desarrolladas a principios del siglo XX. Después de cierto auge durante los años sesentas y setentas, fueron desplazadas por las técnicas geofísicas debido a que se les asignó una tarea para la que no eran las herramientas más adecuadas. De esta forma se estableció que las técnicas geofísicas son insuperables para localizar los restos de estructuras, pero al mismo tiempo se observó que las técnicas químicas pueden informar sobre la función de estas estructuras como nadie más. Es así que durante los años ochentas se dio un giro importante a su aplicación en la arqueología de manera que las concentraciones químicas adquirieron un papel destacado para informar sobre las áreas de trabajo y sobre los desechos producidos, aportando información de otra forma irrecuperable.

En tiempos recientes el desarrollo de nuevas tecnologías analíticas ha incrementado el gran potencial que tienen las técnicas químicas como la única vía para recuperar evidencias invisibles, aún para la excavación. Se constituyen como la mejor manera de complementar las técnicas de investigación que tratan con evidencias tangibles y aporta una nueva dimensión a la investigación. Experimentos recientes de comparación entre técnicas analíticas cuantitativas y las pruebas sencillas establecidas por nuestro laboratorio muestran gran correlación entre los resultados y validan la confiabilidad de las pruebas sencillas para reconocer patrones de enriquecimiento químico.

Existen una gran cantidad de técnicas analíticas aplicables y en términos generales podemos considerar que las técnicas sencillas prácticamente no requieren de inversión inicial para

su montaje, pero demandan mucho trabajo y tiempo para realizarlas. Por el contrario, las técnicas analíticas instrumentales pueden procesar en poco tiempo gran cantidad de muestras y determinar muchos elementos al mismo tiempo, pero requieren fuertes inversiones para su instalación y especialistas para su operación. Sin embargo, independientemente de la técnica analítica escogida para determinar la presencia de residuos químicos el hecho afortunado es que los residuos existen en los poros de los materiales y pueden recuperarse para obtener información sobre las actividades humanas.

En este trabajo se muestran resultados de la comparación de técnicas analíticas en el estudio de muestras de materiales porosos en general y de suelo, pisos y cerámica en particular. Todos estos resultados muestran el gran potencial de las nuevas tecnología y el que tienen los residuos químicos para informar sobre las actividades humanas que dejaron sustancias que rellenan poros vacíos y de esta manera se conservaron hasta nuestros días para informarnos sobre el uso que se dio a las superficies arquitectónicas y a los recipientes cerámicos en tiempos pasados.

SE11-10

### EL LABORATORIO DE ARQUEOMETRÍA DEL OCCIDENTE (LARQUEOC), UN PROYECTO INTERINSTITUCIONAL

Robles Camacho Jasinto<sup>1</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>2</sup> y Corona Chávez Pedro<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH  
jasinto\_robles@yahoo.com

El Laboratorio de Arqueometría del Occidente (LARQUEOC) es una entidad de investigación especializada, conformada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (Centro INAH Michoacán), la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (Instituto de Investigaciones Metalúrgicas-Departamento de Geología y Mineralogía) y la Universidad Nacional Autónoma de México (Instituto de Geofísica-Campus Morelia), con sede en Morelia, Michoacán. Las áreas de trabajo e interacción que incluye el LARQUEOC son básicamente la arqueología, la petrología y geoquímica, la geofísica (exploración y paleomagnetismo), la biología (paleozoología y botánica) y la restauración, recientemente incorporada. Entre las actividades motoras de este proyecto se encuentran la arqueomineralogía, aplicada a la caracterización de objetos arqueológicos o de interés histórico, así como la caracterización de especies minerales susceptibles de presentar respuesta magnética o paramagnética, útil para fechamiento por análisis paleomagnético. Como aporte a las investigaciones geoarqueológicas se pretende igualmente aportar en la determinación de fuentes geológicas de la materia prima de piezas arqueológicas o históricas, mediante el uso de técnicas petrológicas y geoquímicas. Derivado de esto último, se generarán mapas geoarqueológicos que permitirán certificar la autoctonía o aloctonía de los materiales usados por las sociedades prehispánicas en cuestión y como consecuencia redundarán en un primer intento por reconstruir, a partir de evidencias cuantificables, rutas tentativas de comercio en épocas específicas.

Otro elemento incorporado a las investigaciones del LARQUEOC es el estudio del hombre prehistórico y su interacción con el medio y otros organismos mayores. En este sentido se



ha iniciado un ejercicio de recuperación, restauración y limpieza de los restos paleontológicos de organismos mayores para su caracterización tafonómica.

Finalmente, se plantea este esquema de trabajo interinstitucional como viable para el desarrollo de proyectos que requieren de la interacción de especialistas en diferentes campos de la ciencia para realizar aportes concretos y cada vez más precisos dentro del marco de la Arqueometría en México.

SE11-11

### FECHAMIENTO DE CERÁMICAS DE KLEINBETTENRAIN, KRÖNINGER, ALEMANIA, POR EL MÉTODO DE TERMOLUMINISCENCIA

Ramírez Luna Angel<sup>1</sup>, Schaaf Peter<sup>1</sup> y Sperling Thomas<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Departamento del Medio Ambiente de Baviera, Alemania*

rangel@geofisica.unam.mx

En el ámbito de la arqueología la cerámica ha sido considerada como una fuente de información cronológica muy importante, ya que la tipología de esta es considerada como registros que llegan a ser determinantes de cada periodo cultural. Su abundancia, sus variadas formas, su composición mineralógica y estilos decorativos hacen de la cerámica un material conveniente para ser fechada por el método de termoluminiscencia.

En el año 2005 el museo alemán Vilsbiburger en colaboración con el Departamento del Medio Ambiente de Baviera realizo excavaciones en el sitio de Kleinbettenrain, lugar donde se encontró material cerámico, así como los hornos donde se presume fueron cocidas dichas cerámicas.

La técnica TL empleada para su procesamiento fue la de grano fino con un tamaño de grano entre 4 y 11 micras. La determinación de la paleodosis se calculó empleando el método aditivo para la determinación de la dosis equivalente (Q) y el método regenerativo para la determinación del factor por supralinealidad (I). Para la determinación de la tasa de dosis anual se midió las concentraciones de uranio (<sup>238</sup>U), torio (<sup>232</sup>Th) y potasio (<sup>40</sup>K) en suelo y en cerámica, además de la contribución cósmica. Una vez teniendo ambos elementos (paleodosis y tasa de dosis anual) se calculo la edad de las muestras.

En este trabajo se presentan los resultados de fechamientos por termoluminiscencia de 4 cerámicas y 2 paredes de hornos de cocción. Con los resultados obtenidos se espera tener una cronología del sitio de Kleinbettenrain.

SE11-12

### PALEOMAGNETIC AND ROCK-MAGNETIC STUDY ON VOLCANIC UNITS OF VALSEQUILLO BASIN: IMPLICATIONS FOR EARLY HUMAN OCCUPATION IN CENTRAL MEXICO

Gogichaishvili Avto<sup>1</sup>, Martín Del Pozo Ana Lillian<sup>2</sup>,  
Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>2</sup> y Soler Arechalde Ana M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, UNAM*

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

avto@geofisica.unam.mx

Alleged human and animal footprints were found within the upper bedding surfaces of the Xalnene volcanic ash layer that outcrops in Valsequillo basin, south of Puebla, Mexico (Gonzalez et al., 2005). The ash has been dated at 40 ka by means of optically stimulated luminescence analysis. This was held as new evidence that America was colonized earlier than Clovis culture (about 13.5 Ma). We carried out paleomagnetic and rock magnetic analysis of 18 Xalnene ash block and core samples collected at two distinct localities and nineteen standard paleomagnetic cores belonging to nearby monogenetic volcanoes. Our data yield evidence that both volcanic lava flow and Xalnene ash were emplaced during the Laschamp geomagnetic event spanning from about 45 to 39 ka.

SE11-13

### CATÁLOGO DE VARIACIÓN SECULAR ARQUEOMAGNÉTICA PARA MESOAMÉRICA. NUEVOS DATOS DE SITIOS DEL CENTRO DE MÉXICO

Soler Arechalde Ana M., Caballero Miranda Cecilia,  
Gogichaishvili Avto y Urrutia Fucugauchi Jaime

*Instituto de Geofísica, UNAM*

anesoler@geofisica.unam.mx

Desde 1999 el Laboratorio de Paleomagnetismo realiza muestreo exhaustivo en sitios arqueológicos de México con fines arqueomagnéticos y la construcción de la curva de Variación secular para México Prehispánico.

Se mostrarán la incorporación de los datos obtenidos durante estos años y el cambio de la curva, ya que se han realizado muestreos con estrictos controles estratigráficos y se cuenta con un mayor número de fechamientos de radiocarbono.

Los últimos datos que han sido anexados son los de Teopancazco Temporada 2005 y Tula 2008.

También se mostrará una comparación con la curva para el SW de Estados Unidos.

SE11-14

**AN INTEGRATED MAGNETIC AND RAMAN SPECTROSCOPY STUDY ON SOME PRE-COLUMBIAN POTTERIES FROM MESOAMERICA (A FORMATIVE VILLAGE IN THE VALLEY OF TEOTIHUACAN)**

Rodríguez Ceja María<sup>1</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>1</sup>, Chauvin Annick<sup>2</sup>, Morales Juan<sup>3</sup>, Ostroumov Mikhail<sup>4</sup>, Manzanilla Linda<sup>5</sup>, Aguilar Reyes Bertha<sup>1</sup> y Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*Geoscience Rennes, Université Rennes 1*

<sup>3</sup>*Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, UNAM*

<sup>4</sup>*Departamento de Geología y Mineralogía, UMSNH*

<sup>5</sup>*Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM*

maria@geofisica.unam.mx

We report a detailed archeomagnetic and raman spectroscopy investigation on some pre-Columbian potteries from Cuanalan (a Formative village in the Valley of Teotihuacan, Central Mexico). Available radiocarbon ages vary between 2320 ±80 and 2060 ±90 BP. Continuous low-field susceptibility vs. temperature curves performed in air indicate Ti-poor titanomagnetites as magnetization carriers. Few samples, however, show two ferrimagnetic phases with Curie temperatures compatible to both Ti-poor and Ti-rich titanomagnetites. Hysteresis parameter ratios fall essentially in the pseudo-single-domain region, which alternatively may indicate a mixture of multi-domain and significant amount of single domain grains. Archeointensity values have been determined from seven pottery fragments (47 samples) out of 10 (70 samples) analyzed. Thermoremanent magnetization (TRM) anisotropy and the cooling rate effect upon TRM intensity acquisition have been investigated in all the samples. The mean archeointensity values obtained in this study range from 24.2 to 40.0 microT, with corresponding Virtual Axial Dipole Moments (VADMs) from 4.8 to 8.0 (1022 Am<sup>2</sup>). This corresponds to mean VDM value of 5.9 x 10<sup>22</sup> Am<sup>2</sup> which is lower than present day field strength and predicted values by global models (Korte et al. 2005) and data compilation (Genevey et al. 2008).

SE11-15

**ARCHEOINTENSITY DETERMINATION FROM CLASSIC AND POST CLASSIC SITES FROM CHIAPAS**

Morales Juan<sup>1</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>1</sup>, Acosta Ochoa Guillermo<sup>2</sup>, González Moran Tomas<sup>1</sup>, Alva Valdivia Luis M.<sup>1</sup>, Robles Camacho Jasinto<sup>3</sup> y Hernández Bernal Maria del Sol<sup>4</sup>

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

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

<sup>3</sup>*Instituto Nacional de Antropología e Historia*

<sup>4</sup>*Instituto de Geología, UNAM*

jmorales@geofisica.unam.mx

Thirteen archeologically well controlled samples from the archeological site of Ocozocuaula, Chiapas State, were selected for paleointensity studies. Six out of thirteen yielded high quality acceptable results for the periods ranging from 100-500 and 600-900 A.D., and from 550-250 B.P. Samples mainly consist of fragments of ceramic-offerings found at different caves. Thellier-Coe method was applied to pottery fragments previously embed in salt pellets. Raw intensity

values were further corrected for cooling rate effects. Common time-consuming TRM anisotropy correction protocol was bypass by an alternative approach followed during the paleointensity experiments. Accepted paleointensity values closely follow the trend of model prediction for the past 7 millennia of CALS7K. These results, together with those of other archaeological sites in Mexico will help to improve the reference curve of the time variations of the archaeomagnetic intensity

SE11-16 CARTEL

**NEW PALEOMAGNETIC DATA FROM THE HOMININ BEARING DMANISI PALEO-ANTHROPOLOGIC SITE (SOUTHERN GEORGIA, CAUCASUS)**

Calvo Rathert Manuel<sup>1</sup> y Gogichaishvili Avto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Laboratorio de Paleomagnetismo, Universidad de Burgos, España*

<sup>2</sup>*Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, UNAM*

mcalvo@ubu.es

The Dmanisi site has yielded human remains and lithic industry associated with Late Pliocene–early Pleistocene fauna. The site is composed of volcanogenic sediments overlying basaltic lava flows. The lithostratigraphic sequence comprises two basic depositional units: Unit A, overlying the basalt flows, and Unit B on top. A paleomagnetic and rock-magnetic study has been carried out on 106 specimens from Units A and B and the uppermost basalt flow. The lava and Unit A provide normal polarities, while reversed polarities and anomalous directions are observed in Unit B, the latter probably due to overlapping of a secondary and a primary reversed polarity component. The lower part of the section shows a clear correlation with the Olduvai subchron, and the upper levels could be as young as 1.07 Ma. As human remains were found both in units with normal and reversed polarity, different non-contemporaneous human occupations might have been possible.

SE11-17 CARTEL

**ARCHEOMAGNETIC STUDY OF SOME PRE-COLUMBIAN MURAL PAINTINGS FROM TEOTIHUACAN, CHOLULA AND CHAPULTEPEC**

Soler Arechalde Ana M.<sup>1</sup> y Gogichaishvili Avto<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, UNAM*

anesoler@geofisica.unam.mx

An alternative way to improve the reference curve for Mesoamerica may come from the study of mural paintings. We demonstrated that many Central Mexico mural paintings are elaborated with red pigments made of hematite grains. When this pigment is applied to a wall, the grains are free to move and align themselves with the Earth's magnetic field before the paint dries. The mean directions derived from these paintings carrying the pictorial remanent magnetization (PiRM) were consistent with that of the geomagnetic field at the time of painting, known from either historical direct measurements or archeomagnetic study of well-dated volcanic deposits.

## SE11-18 CARTEL

**TULA: FECHAMIENTOS ARQUEOMAGNÉTICOS.  
REVISIÓN DE LOS ANTERIORMENTE OBTENIDOS Y LA  
APORTACIÓN DE NUEVOS A LA CRONOLOGÍA DEL SITIO**

Martínez Miranda Vicente<sup>1</sup>, Soler Arechalde Ana M.<sup>1</sup>,  
Gamboa Cabezas Luis M.<sup>2</sup>, Getino Granados Fernando<sup>2</sup>,  
Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>1</sup> y Caballero Miranda Cecilia<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*Instituto Nacional de Antropología e Historia*

ajaw.ajaw@hotmail.com

Tula fue una gran metrópoli prehispánica que llegó a tener una extensión aproximada de 15 km<sup>2</sup> y cuyo periodo de apogeo se ubica al colapso de Teotihuacan entre 900-1150/1200 d.C..

El sitio fue estudiado previamente por D. Wolfman en 1990, utilizando fechamientos con base en estratigrafía y estilo cerámico y no a fechamientos de 14C. La mayoría de las direcciones obtenidas fueron desechadas para la construcción de su curva de variación secular de Mesoamérica, ya que las fechas no correspondían al patrón de comportamiento de una curva de variación secular (Wolfman, 1990). Lo anterior hacía muy interesante el estudio de este sitio ya que se abría la posibilidad de que los resultados o los fechamientos fueran erróneos. La obtención de nuevos fechamientos mediante 14C dentro del sitio, con estricto control estratigráfico y de muestras arqueomagnéticas en idénticos contextos la permitiría discriminar entre las dos opciones.

Los resultados de este estudio serán presentados y discutidos.

## SE11-19 CARTEL

**CONTENIDO DE MERCURIO TOTAL EN HUESOS  
DE INDIVIDUOS PREHISPÁNICOS RESCATADOS  
DEL SITIO ARQUEOLÓGICO DE TOLUQUILLA, QRO.**

Hernández Silva Gilberto<sup>1</sup>, Scharek Péter<sup>2</sup>, Bartha Andrés<sup>2</sup>,  
Mejía Pérez Campos Elizabeth<sup>3</sup>, Herrera Muñoz Alberto<sup>3</sup>,  
Tullner Tibor<sup>2</sup>, Mercado Sotelo Italia y Vassallo Morales Luis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centro de Geociencias, UNAM*

<sup>2</sup>*Geological Institute of Hungary*

<sup>3</sup>*Instituto Nacional de Antropología e Historia*

ghsilva@geociencias.unam.mx

El cinabrio ha sido utilizado por la sociedad prehispánica desde el siglo IV de nuestra era, en la región de Ranas y Toluquilla, Qro. (Herrera, 1995). Desde tiempos remotos ha sido empleado como pigmento para sus ceremonias, encerados domésticos y adornos en edificaciones; su comercio con los pueblos mesoamericanos jugó un papel importante por su gran demanda (Mejía, 2005). Al momento de comenzar su explotación, dio inicio su liberación al medio ambiente. Por otro lado, el intemperismo, fenómeno permanente, se encuentra asociado a procesos naturales como la erosión, lixiviación, oxidación, transporte, depositación, etc., poniendo a disposición del hombre cationes, que pueden ser asimilados por inhalación, contacto directo o ingestión a través de la cadena trófica. Estos mecanismos han operado en tiempos pasados y actuales (Pyatt et al., 2005). El mercurio persiste en el ambiente durante decenas o miles de años, aún después de haber cesado su explotación (Parsons y Percival, 2005). Los

tejidos calcificados como dientes y huesos, son más resistentes a la descomposición y pueden preservar su composición química original por largos periodos de tiempo (Appelquist, et al., 1984; Budd et al., 2000); estos pueden reflejar la ingestión histórica y depositación directa a través de la corriente sanguínea, acumulándose en huesos (Outridge, 2005). El mercurio se caracteriza por su bioacumulación y biomagnificación en la cadena trófica (Atwell et al., 1998). El objetivo de este estudio es determinar si hubo acumulación de mercurio total en huesos de individuos prehispánicos rescatados por Mejía (1995) del sitio arqueológico de Toluquilla, Qro. Para ello se tomaron muestras de diente, cráneo y fémur de 23 individuos; 15 de ellos, provenientes de un mismo entierro. Se les determinó Hg total, mediante una digestión ácida en un horno de microondas y el uso de un ICP-MS para establecer sus concentraciones. Se aplicó la prueba estadística ANOVA, para determinar en qué parte del esqueleto hubo una mayor concentración. Asimismo se discute una comparación de las concentraciones halladas en estos individuos con respecto a otras referencias.

Apoyo PAPIIT-116806

## SE11-20 CARTEL

**EVIDENCIAS ARQUEOLÓGICAS DE  
ACTIVIDAD SÍSMICA EN LOS SISTEMAS DE  
FALLAS PATZCUARO ACAMBAY, MÉXICO**

Guarduño Monroy Victor Hugo, Israde Alcantara  
Isabel y Hernández Madrigal Víctor Manuel

*Departamento de Geología y Mineralogía, UMSNH*

vgmonroy@zeus.umich.mx

Las evidencias de movimientos cosísmicos a lo largo de las fallas E-O del sistema Pátzcuaro-Acambay han sido observadas con datos tectónicos, morfológicos, morfoestructurales y de eventos sísmicos recientes. Sin embargo el centro de México ofrece sitios arqueológicos que han sido afectados por eventos sísmicos históricos que muestran una clara ruptura cosísmica de algunos de los segmentos en estudio. De oriente a poniente la primera evidencia la encontramos en el segmento de falla denominado de Araro, dicho segmento está relacionado con un levantamiento de más de 20m de una secuencia lacustre de aproximadamente 7m de espesor con diferentes niveles de limos arcillas y depósitos de mezcla caracterizados como un posible deslizamiento subacuático. Todos los estratos son ricos en cerámica prehispánica y carbón del posible periodo posclásico. En la ciudad de Morelia se estudiaron algunas excavaciones realizadas para la construcción de viviendas a lo largo de la falla La Paloma, en este segmento se observó un suelo rico en cerámica prehispánica del periodo postclásico afectado por dos tipos de eventos geológicos, por un lado ellos están desplazados por una falla de tipo normal con un desplazamiento de 40 a 60cm, en otros sitios dichos suelos históricos están cubiertos por grandes flujos de detritos y de lodo que responden a la inestabilidad de la falla La Paloma. Al norte de la ciudad de Morelia se encuentra lo que se ha denominado falla de Tarímbaro, es un segmento claramente E-O con morfologías que denotan un salto real de más de 50m. Este segmento de falla corta a las lavas de Las Tetillas y del Quinceo dentro de las cuevas se han reportado impresiones en sus lavas de mazorcas de maíz con edades menores a 3000 años. Con esta evidencia se justifica un rompimiento cosísmico dentro del Holoceno. En productos piroclásticos provenientes de estos dos aparatos se encontraron fragmentos de cerámica relacionada a culturas pre Colombinas, estos productos piroclásticos que

hemos denominado como "Alegría" están desplazados por el fallamiento E-O. En la margen sur del lago de Pátzcuaro y más precisamente en la exisla de Jarácuaro se encontraron sedimentos lacustres ricos en cerámica del periodo clásico y posclásico afectados por una falla normal con un desplazamiento cosísmico de unos 40cm. En la Ciénaga de Zacapu se han encontrado secuencias lacustres arcillosas y limosas que alternan con cenizas volcánicas oscuras y blancas, las cuales se encuentran afectadas por estructuras formadas durante procesos de licuefacción seguramente generados durante un evento sísmico superior a 5 grados.

SE11-21 CARTEL

### ABSOLUTE GEOMAGNETIC INTENSITIES FROM PORTUGUESE POTTERIES

Hartmann Gelvam<sup>1</sup>, Trindade Ricardo<sup>1</sup> y Gogichaishvili Avto<sup>2</sup><sup>1</sup>*Departamento de Geofísica, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, Brazil*<sup>2</sup>*Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, UNAM*

avto@geofisica.unam.mx

Geomagnetic field variations at archeomagnetic timescales can be obtained from radiometrically dated heated structures and archeological potsherds. Here, we present the first archeointensity results obtained from 1550 to 1750 AD on Portuguese ceramics collected at Brazilian archeological sites. The results are compared to those obtained from Western Europe and currently available geomagnetic field models. Continuous thermomagnetic and IRM acquisitions curves indicate that Ti-poor titanomagnetite is responsible for the remanence in these ceramic fragments. Five fragments (24 samples) out of twelve analyzed yielded reliable intensity estimates. The raw archeointensity data were corrected for TRM anisotropy and cooling rate effect. The mean dipole moments are obtained for three different age intervals: 1550±30 AD, 1600±30 AD and 1750±50 AD. Average, mean intensities varies from 37.9±4.1 microT up to 54.9±7.7 microT in agreement with the previously reported data for 1550 AD and 1750 AD. Relatively weaker values are obtained however for 1600 AD ceramics.

SE11-22 CARTEL

### EVIDENCIAS DE CAMBIO EN EL USO DE MATERIA PRIMA PARA LAPIDARIA RITUAL Y ORNAMENTAL EN EL OCCIDENTE MESOAMERICANO

Robles Camacho Jasinto, Sánchez  
Hernández Ricardo y Olivares Morales Arturo*Instituto Nacional de Antropología e Historia*

jasinto\_robles@yahoo.com

El uso de rocas y minerales para la elaboración de piezas arqueológicas en Mesoamérica fue variado y se pueden encontrar especímenes minerales de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Estos elementos culturales son en términos generales los más resistentes al intemperismo, por lo que es posible deducir a partir de su presencia, pasajes de la historia precolombina. De este modo, y a diferencia de lo que pudiera pensarse, simultáneamente a la integración de la sociedad olmeca (1200-300 a.C.) en la planicie costera del Golfo de México, el occidente ya mostraba formas de organización

social, con redes de comercio que les comunicaban hasta Centroamérica y probablemente con localidades proveedoras de materia prima mineral desde la Sierra Madre Occidental y del sur de Guerrero-Michoacán-Colima-Jalisco, a lo largo de la costa del Océano Pacífico. Las evidencias minerales en lapidaria del sitio El Opeño (1500-1000 a.C.; Jacona, Mich.) como jadeíta, onfacita, crisoprasa, caolinita, malaquita, pirita, magnetita, hematita así lo indican. En sitios arqueológicos más recientes como Tingambato, Zacapu, en Michoacán y El Histle en Jalisco (300-600? d.C.) se ha encontrado un cambio o preferencia por materiales como la amazonita, con disminución gradual de piezas elaboradas en jade, cuarcita o caolinita. Asimismo, se reconoce una etapa posterior a los 600 d.C. y hasta el siglo X, donde existió una interacción interesante entre amazonita y turquesa. Sitios como Huandacareo, Tres Cerritos, Michoacán y La Higerita en Jalisco así lo evidencian. Finalmente, una amalgama de los diferentes materiales empleados a lo largo de la historia del occidente mesoamericano puede verse en el sitio de Tzintzuntzan, Michoacán, uno de los tres pilares del Reino Purhépecha hasta la llegada de los españoles. Esto último también es una muestra de la reutilización de los materiales de valor religioso, como lo fueron las rocas y minerales verdes en Mesoamérica.

SE11-23 CARTEL

### PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE LAS CERÁMICAS PRE-COLOMBINAS DEL OCCIDENTE DE MÉXICO

Aguilar Reyes Bertha<sup>1</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>1</sup>, Morales  
Juan<sup>1</sup>, Robles Camacho Jasinto<sup>2</sup> y Oliveros Arturo<sup>3</sup><sup>1</sup>*Instituto de Geofísica, UNAM*<sup>2</sup>*Instituto Nacional de Antropología e Historia*<sup>3</sup>*Colegio de Michoacán, A.C.*

baguilar@geofisica.unam.mx

La cerámica y objetos derivados contienen partículas magnéticas y adquieren una remanencia en algunos tiempos específicos, dependiendo de la dirección e intensidad del Campo Magnético de la Tierra. El tiempo de adquisición de la magnetización remanente puede ser determinado, al comparar los parámetros magnéticos de los materiales provenientes de un sitio arqueológico con un registro ya fechado del campo magnético del pasado en la misma región.

El objetivo principal de este trabajo es contribuir a la cronología relativa y absoluta de la región del Occidente de México, en el intervalo de tiempo aproximado 900 a. C. - 1500 d.C., mediante la realización de mediciones sistemáticas de archeointensidades en algunos sitios arqueológicos bien conocidos : El Opeño, (1500-900 a.C.), Chupícuaro (300 a.C.- 200 d.C.), Loma Alta (200-400 d.C.), Jarácuaro (400-700 d.C.), Tingambato, (700-900 d.C.), Urichu, (900-1200 d.C.), Purhépecha, (1200-1521 d.C.). Nuestra estrategia de muestreo está guiada en gran medida por los numerosos estudios realizados por los colegas de INAH – delegación Michoacán.

## SE11-24 CARTEL

**LA NUEVA CRONOLOGÍA DE XOCHICALCO.  
UNA APORTACIÓN DEL ARQUEOMAGNETISMO**

Orea Aida, Soler Arechalde Ana M., Caballero  
Miranda Cecilia y Urrutia Fucugauchi Jaime

*Instituto de Geofísica, UNAM*

anesoler@geofisica.unam.mx

Xochicalco es una de los grandes sitios del Epiclásico que floreció con la caída de Teotihuacan, es considerado ciudad-Estado, esto es centro urbano con fuerte presencia militar y profunda estratificación social (Garza T y González C, 1995). Es una ciudad fortificada con circulación interna controlada. El desarrollo y repentino abandono de Xochicalco se dio entre el 700 y el 900 dC. Rastros de incendio, hallazgo de objetos suntuarios fragmentados y dispersos, como también el abandono de todo tipo de objetos en habitaciones, llevan a pensar que el fin de Xochicalco fue violento, con un gran saqueo e incendio (Garza T y González C, 1995).

En 1999 se tomaron las primeras muestras para arqueomagnetismo con Y. Hueda (ENAH), D. Tarling (U. de Plymouth) y A. Soler (UNAM), los resultados indicaron fechas que no coincidían con los períodos de ocupación. Nuevos fechamientos de radiocarbono y la revisión de los previos mostró que las fechas arqueomagnéticas correspondían con estos nuevos resultados por lo que se han llevado ya tres nuevas campañas de muestreo 2004, 2005 y 2007.

Una recopilación de los datos obtenidos así como también los resultados de la última campaña serán presentados.

## SE11-25 CARTEL

**ARQUEOMAGNETIC STUDY OF QUIAHUIZTLAN  
(VERACRUZ STATE, MEXICO): 900 TO 1521 A.D.**

López Tellez Juan Manuel<sup>1</sup>, Aguilar Reyes Bertha<sup>1</sup>, Morales  
Juan<sup>1</sup>, Calvo Rathert Manuel<sup>2</sup> y Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*Laboratorio de Paleomagnetismo, Universidad de Burgos, España*

avto@geofisica.unam.mx

The archaeological site of Quiahuiztlan is located in the central zone of the coast of the Gulf of Mexico, Veracruz State, Mexico. This place presents cultural vestiges, that ties to the central Totonacapan. Quiahuiztlan acted like a city-cemetery-fortress with inter-communitarian relationships with groups of the central coastal Totonacapan (900 A.D. - 1521 A.D.). It was, also, one of the first human assents of importance known by Spaniards at their arrival to American territory. Our absolute intensity results indicate that field strength varied from  $(34.2 \pm 0.6$  to  $62.4 \pm 0.9)$  microT. Corresponding virtual axial dipole moments (VADM) range from 5.7 to  $10.0 \times 10^{22}$  Am<sup>2</sup>. In absence of a local archeointensity reference curve, we used recently reported global intensity variation curves for the last 7 millennia and curves from Mesopotamia, North America and South America for dating purposes.

## SE11-26 CARTEL

**RAMAN SPECTROSCOPY RESULTS  
OF ANCIENT GUATEMALA POTTERY**

Bernal Maria del Sol Hernández<sup>1</sup>, Ostroumov Mikhail<sup>2</sup>, Alva  
Valdivia Luis M.<sup>3</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>3</sup> y Morales Juan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Geología, UNAM*

<sup>2</sup>*Departamento de Geología y Mineralogía, UMSNH*

<sup>3</sup>*Instituto de Geofísica, UNAM*

msol@geologia.unam.mx

We present Raman spectroscopy results of an investigation on 10 Ancient Guatemala pottery fragments from 900 BC to 200 AD in order to better characterize the magnetic mineralogy contained in the samples to help to select those samples more suitable for archeointensity determination. A comparison of these results against those obtained by rock magnetic properties experiments is presented.

## SE11-27 CARTEL

**APLICACIÓN DE LA ISOTOPIA DE ESTRONCIO  
EN EL ESTUDIO DE MOVILIDAD HUMANA EN EL  
BARRIO TEOTIHUACANO DE TEOPANCAZCO**

Lailson Tinoco Becket<sup>1</sup>, Schaaf Peter<sup>2</sup>,  
Manzanilla Linda<sup>3</sup> y Solís Pichardo Gabriela<sup>4</sup>

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

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

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

<sup>4</sup>*Instituto de Geología, UNAM*

becketlailson@hotmail.com

Los estudios arqueológicos son indispensables para discernir el comportamiento humano del pasado. Sin embargo; la disciplina arqueológica requiere del apoyo de otras ciencias para el enriquecimiento y obtención de información más precisa. En especial las ciencias de la Tierra juegan un papel muy importante en el análisis de evidencia humana del pasado en cuestión tanto de conceptos como de técnicas. Dentro de estas disciplinas, la aplicación de la isotopía de estroncio (Sr) es una herramienta útil, como trazador geoquímico para estudios de migración humana. Se lleva a cabo realizando una comparación entre la relación isotópica de <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr en los molares y huesos humanos respecto a la relación isotópica de <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr de un suelo en particular, lo cual está en función de la movilidad del individuo mientras se encontraba vivo. La relación isotópica de <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr en los molares y huesos presenta un comportamiento diferente: los molares conservan el valor de <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr de la infancia del individuo, mientras que los huesos conservan el <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr de los últimos años de vida. Es posible obtener esto gracias a que por medio del aporte de estroncio en los suelos y en las plantas, este puede llegar al organismo humano, donde es sustituido por calcio en los minerales del tejido óseo. La clave del método es obtener compatibilidad en las firmas isotópicas del individuo en estudio con la información edafológica disponible que nos pueda hablar de su localidad de origen.

Se aplicó esta técnica a un total de cinco entierros pertenecientes al barrio teotihuacano de Teopancazco, donde se midieron las relaciones isotópicas de <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr de esmaltes de los molares, así como de fragmentos de fémur y cráneo. De

todos los cráneos, vértebras y fémures analizados se encontró una correspondencia en sus valores isotópicos de estroncio, con variaciones mínimas. Solamente un individuo fue identificado como local al concordar la isotopía del molar con la de sus huesos. Las diferencias isotópicas de Sr entre molares y huesos de los demás individuos hace pensar que fueron migrantes.

Paralelamente se tomaron muestras de suelos de diferentes sitios arqueológicos de periodo Clásico en las regiones de Veracruz, Puebla y Tlaxcala. La finalidad es poder comparar la isotopía de los individuos con las de sus probables lugares de origen y así intentar obtener información respecto a la movilidad de los individuos y el origen geográfico de los mismos. En adición, con éstos valores de suelos se contribuye a la base de datos disponibles para México.

SE11-28 CARTEL

### **DEPOSITOS DE TSUNAMI LIGADOS AL SISMO DE 1858 EN EL SUR DEL LAGO DE PÁTZCUARO, MICH., MÉXICO**

Garduño Monroy Victor Hugo<sup>1</sup>, Soria Caballero Diana<sup>1</sup>, Rodríguez Alejandro<sup>2</sup>, Rodríguez Pascua Miguel Angel<sup>3</sup> y Israde Alcantara Isabel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH*

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

<sup>3</sup>*Instituto Geominero de España*

vgmonroy@zeus.umich.mx

El lago de Pátzcuaro es una porción del Cinturón Volcánico Mexicana que se ha formado por procesos tectónicos y volcánicos que han generado un lago muy sensible a cualquier tipo de cambio en su entorno. Hasta ahora sus sedimentos han registrado la historia del Pleistoceno Holoceno y en ellos a través de estudios de Paleolimnología, Estratigrafía, Sedimentología y Micropalantología estamos reconociendo eventos excepcionales que cambiaron sus condiciones de depósito y su geometría.

En varios pozos realizados en la isla de Jarácuaro se reconocieron tres grandes unidades:

1. Depósitos lacustres que se intercalan con depósitos de cenizas volcánicas de colores oscuros y blancos. Todos ellos muy deformados pero que su última parte es más visible la deformación por fallas normales.

2. Un depósito de arenas, bloque de rocas volcánicas mezclados con restos de cerámica prehispánica y cuya base es muy erosiva.

3. Sedimentos de un lago muy arcilloso con sedimentos muy oscuros.

Los depósitos de arenas con mezclas de fauna pelágica y costera del lago y que además contiene cerámica prehispánica se han relacionado con los depósitos de un tsunami que fue descrito durante el sismo de 1858 y que destruye más de 120 casas de adobe en el sur del lago.

Estudios sedimentológicos geoquímicos y micropalantológicos corroboran que en esta secuencia se encuentran ambientes mezclados del lago, poniendo en evidencia un evento mayor en la dinámica del lago.

Sesión Especial

# **Simposio sobre cambio climático**

Organizadores:

Carlos Gay  
Cecilia Conde

SE12-1

### MECANISMOS DE UN NIÑO PERMANENTE, LA PARADOJA DEL PLIOCENO Y CALENTAMIENTO GLOBAL

Herguera Juan Carlos

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

herguera@cicese.mx

En esta presentación discutiremos sobre las condiciones climáticas y oceanográficas de un período geológico relativamente reciente el Plioceno temprano, hace 3-5 millones de años, durante el que las reconstrucciones paleoceanográficas más recientes nos muestran como este período era sorprendentemente similar y al mismo tiempo muy diferente al que conocemos en la actualidad sobre el planeta. La intensidad de la radiación solar que incidía sobre la Tierra, la configuración geográfica de continentes y océanos y las concentraciones de carbono atmosférico eran muy similares a las actuales, sin embargo las temperaturas de las altas latitudes eran tan cálidas que no existían glaciares continentales en el Hemisferio Norte y el nivel del mar se encontraba a 25 m por encima del actual. Esta aparente paradoja nos muestra como las condiciones actuales y las del Plioceno temprano resultan en dos equilibrios climáticos diferentes como respuesta a prácticamente el mismo forzamiento externo. Reconstrucciones recientes de la media global de las temperaturas del planeta durante el Plioceno temprano muestran como estas eran sustancialmente más elevadas que en la actualidad, a pesar de que los factores externos que determinan el clima eran esencialmente los mismos, mientras en los trópicos El Niño era un fenómeno continuo o permanente en contraste con la intermitencia observada actualmente. Este equilibrio climático se rompe a finales del Plioceno para dar paso a las glaciaciones que con ciclicidad orbital hacen oscilar el clima del planeta entre períodos de equilibrio fríos y cálidos con una regularidad de 40,000 años, el ciclo de la oblicuidad de Milankovich. Cuales son los procesos y mecanismos climáticos que amplifican esta ciclicidad son motivo de activa discusión en la comunidad paleoceanográfica y paleoclimática en estos momentos que se presentarán en esta plática así como sus implicaciones para el futuro del cambio climático.

SE12-2

### LATE QUATERNARY PALEO-HYDROLOGY AND RAIN FALL REGIMES IN SONORA DESERT: A GEOCHEMICAL APPROACH USING SEDIMENTS FROM LAGUNA SECA DE SAN FELIPE

Roy Priyadarsi<sup>1</sup>, Caballero Margarita<sup>2</sup>, Ortega Beatriz<sup>2</sup>, Lozano Socorro<sup>1</sup>, Lozano Rufino<sup>1</sup>, Pi Teresa<sup>1</sup>, Israde Alcantara Isabel<sup>3</sup> y Morton Ofelia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH

p\_debajyotiroy@yahoo.com

North American Deserts comprise of high latitude Great Basin and Mojave Deserts to low latitude, subtropical Chihuahua and Sonora Deserts. Synthesis of data on lake stands and plant microfossils from packrats suggest a change from dominant zonal circulation during last glacial maximum to meridional circulation during latest Wisconsin. This also suggests that the winter storm

tracks associated with winter precipitation from North Pacific were present between 32-34° N during the last glacial maximum (18 ka) and shifted to 40° N during subsequent deglaciation (14-12 ka). Presently, the winter storm tracks are located at 42° N.

Stratigraphy, mineralogy, multi-element geochemistry, organic and inorganic carbon, sulfates, mean grain size, magnetic susceptibility and plant fossils from a 9.5 m long sediment core from the Laguna Seca de San Felipe located in the western Sonora Desert were used as proxies indicating chemical weathering (humidity), aeolian activity, erosion, salinity, provenance and paleo-vegetation and related the Late Quaternary paleo-hydrology to regimes of winter westerlies and summer monsoon at latitude 31° N. Linear extrapolation of 14C chronology suggests transition from a dominant aeolian to lacustrine regime occurred at ca.44.5 14C kyr BP. As the laguna is present in the rain shadow eastern flanks of 2500 m high San Pedro Martir Mountains that acts as a barrier to the westerly airflow from the Pacific, lower erosion and sedimentation during 44.5 and 12 14C kyr BP are related to dominant winter storm tracks from the Pacific. During this period, Juniperus and Pinus pollens were transported to the basin from the higher elevations of San Pedro Mountains. We relate the anoxic-humid conditions during 44.5-28.6 14C kyr BP to the mean winter storm track position at 31° N. During this period, the lower temperature might have favored the precipitation of mirabilite which is precursor to thenardite. Subsequent lower humidity till 12 14C kyr BP in the basin is related to northward shift of the storm tracks. In the last 12 14C kyr BP, increasing erosion, higher rate of sedimentation and absence of both Juniperus and Pinus pollens in the basin were related to dominant summer circulations from the Gulf of California brining sediments from the 500 m high San Felipe Mountain.

SE12-3

### EFFECTOS CLIMÁTICOS Y ANTROPOGÉNICOS SOBRE LAS LAGUNAS SALADAS DE LA MESA CENTRAL POTOSINA: ANÁLISIS SATELITAL MULTIESPECTRAL Y MULTITEMPORAL

Noyola Medrano Cristina<sup>1</sup> y Rojas Beltrán Marco Antonio<sup>2</sup><sup>1</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica<sup>2</sup>Université Paris 7 Denis-Diderot

cristina.noyola@titan.ipicyt.edu.mx

Las lagunas de la Mesa Central Potosina (MCP) son de origen tectónico y se caracterizan por su poca profundidad, alta salinidad y cuerpos de agua intermitentes. Si bien estas características son propias de lagunas de tipo graben, existen varios factores que afectan la superficie de las lagunas y sus áreas circundantes como el clima, el crecimiento urbano, el desarrollo de zonas agrícolas y de zonas de producción salina. Por esa razón, en este trabajo analizamos el impacto de la actividad humana y del calentamiento global sobre la región semidesértica de la MCP. Nuestro trabajo se enfoca en el cambio de uso de suelo y la variación de humedad de una serie de lagunas someras ubicadas entre los estados de San Luis Potosí y Zacatecas (México). Para observar diversos cambios en la zona, en este trabajo se realizó un análisis multitemporal de imágenes Landsat TM, Landsat ETM+ y ASTER con la finalidad de encontrar cambios de uso de suelo, humedad y temperatura para la zona de estudio entre los años 1990 y 2005. La metodología utilizada incluye análisis de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDWI (Normalized Difference Water Index), clasificación supervisada y obtención de temperaturas a partir de la banda termal de las imágenes Landsat y ASTER. Los resultados



muestran que las superficies destinadas a cultivos presentan la mayor progresión en los últimos 15 años, mientras que se observa un claro decremento en la vegetación natural. También es posible observar la disminución de los cuerpos de agua que favorecen el crecimiento de zonas desprovistas de vegetación y/o con vegetación seca. El análisis de las imágenes térmicas nos permite constatar un aumento en la temperatura de la superficie de hasta 8°C entre 1990 y 2005. El análisis digital de las imágenes de satélite constituyó una herramienta muy útil pues nos permitió demostrar que existe una relación entre la desaparición de la vegetación que rodea a las lagunas, la disminución y/o desaparición de los cuerpos de agua y el aumento de la temperatura de la superficie.

Palabras clave: Landsat, ASTER, temperatura, NDVI, NDWI.

SE12-4

### ANTHROPOGENIC INFLUENCE ON THE D13C SOM SIGNATURE FROM SOILS AND PALEOSOLS FROM MEXICO

Lounejeva Baturina Elena<sup>1</sup>, Etchevers Jorge<sup>2</sup>, Morales Puente Pedro<sup>1</sup>, Cienfuegos Alvarado Edith<sup>1</sup>, Sedov Sergey<sup>1</sup>, Solleiro Rebollo Elizabeth<sup>1</sup> y Hidalgo Claudia<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo

elenal@servidor.unam.mx

One of a high-spatial resolution proxy to infer paleoenvironmental changes is the d13C SOM parameter is a genetic characteristic of soil reflecting the relative proportion of C3 and C4 that comes from burred plants having different photosynthetic C pathway as well as climatic preferences. The method is successfully working for the long-term paleosols lacking human activity and for the Holocene well dated soils where C3 crops (bean, potato, legumes, oat, wheat, etc.) are of agricultural preference, in contrast C4 plants mainly depend on natural factors. But an environmental interpretation come to be complicated if: 1) the landscape present high topographic gradient and SOM may present inverse chronology, 2) there is a presence of the plants which change its photosynthesis or 3) human land management implies high C4 input to the soil. It is exactly the case of the Mexican Volcanic Belt ecosystem characterized by highly varying altitude, vegetation diversity, seasonal hydrology and climatic conditions and where the maize and cactaceous, typical C4 plants, are one of the main cultivated products during the last few thousands years. We have proposed to overcome the lack of isotopic data for the SOM from this special region and included d13C analyses in our paleopedological as well as in the studies focused on soil organic carbon and nitrogen input due to agricultural practices. In this work we consider the changes in d13C on soils for the long-term (thousands of years) soil system of the Teotihuacan Valley and for the short-term (a few years) systems subjected to controlled agricultural practices in Tlaxcala and in Michoacán.

The data from the Tetihuacan valley, dated up to 18,000 BP, really demonstrate high-spatial resolution of the method. The d13C depend on human land management such as deforestation and/or agricultural C4 crops input as well as on the landscape position, being a difference between absolute values up to 6 ‰ through the area.

The stable isotopic carbon data corresponding to a short period of observation during 2002-2005 in uniformly managed soil

ecosystems showed that d13C may be shifted during one year period up to 2 ‰ due relative abundance of C3/C4 incorporated to the SOC. But this memory could be quickly reversed as a consequence of crop management and its response depends on soil properties (andisols are more sensitive than tepetates).

To reduce the uncertainty of antopogenic factor in environmental interpretations, a general isotopic shifting tendency in the area, based on a quality controlled dating, rather than absolute but place-point data, should be considered.

SE12-5

### ALGUNAS LECCIONES DEL CUARTO REPORTE DE EVALUACIÓN DEL IPCC

Gay García Carlos

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

cgay@servidor.unam.mx

En su cuarto reporte de evaluación, el IPCC describe una Tierra inmersa, inequívocamente, en un proceso de calentamiento global. A juzgar por los resultados del grupo de trabajo II, dedicado a revisar la literatura científica relacionada con los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático, queda claro que los impactos del calentamiento global no serán iguales ni tendrán efectos similares en sectores o regiones diferentes. De la lectura de este reporte, se deduce que las regiones de latitudes bajas serán particularmente afectadas. Cabe enfatizar, que en estas zonas se concentran las poblaciones relativamente menos prósperas.

Analizando el calentamiento grado por grado, resalta que, para incrementos de temperatura de uno a tres grados, las latitudes altas se verán beneficiadas mientras que las bajas no. Con base en esta información, y dada nuestra ubicación geográfica, los llamados a estabilizar el incremento global de temperatura en dos grados implicaría consecuencias negativas para nuestro país.

SE12-6

### ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Estrada Porrúa Francisco, Martínez López Benjamín, Conde Álvarez Cecilia y Gay García Carlos

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

feporrúa@atmosfera.unam.mx

En este trabajo se muestra el análisis de tendencias para las 18 regiones de Douglas. Los resultados muestran diferencias importantes entre algunas de las regiones analizadas. Se discuten las posibles causas asociadas a estas diferencias, se aporta un mapa que ilustra el cambio climático ya observado en nuestro país y se compara con lo mostrado en el Cuarto Reporte de Evaluación del IPCC.

SE12-7

## GENERACIÓN DE ESCENARIOS DE EMISIONES MEDIANTE UN CONTROLADOR BASADO EN LÓGICA DIFUSA

Martínez López Benjamín<sup>1</sup>, Nebot Castells Angela<sup>2</sup> y Gay García Carlos<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de Catalunya, España

benmar@atmosfera.unam.mx

La idea básica detrás del uso de la tecnología de la lógica difusa es la aproximación al pensamiento humano, que, en sí mismo, es difuso. Los humanos tenemos la capacidad de analizar nuestro entorno y tomar decisiones considerando todas las entradas posibles medidas de una forma no matemática. Por ejemplo, tratamos de manera natural con conceptos del estilo 'más bien caliente' o 'poco frío', es decir, conceptos que no son binarios como sería caliente o frío.

El uso más generalizado de la lógica difusa ha sido, sin duda, en el área de control. Una de las principales ventajas del control difuso es que nos permite solucionar gran parte de los problemas de control de una manera sencilla sin necesidad de conocer un modelo matemático. Con la lógica difusa se pueden diseñar aplicaciones para que las máquinas respondan con mayor inteligencia a la imprecisión inherente al razonamiento humano. En esencia, un controlador difuso contiene un conjunto de reglas lingüísticas que definen el conocimiento del experto, o de la persona que aporta sus conocimientos empíricos de cómo controlar el fenómeno.

En este trabajo se desarrolla un controlador difuso para el incremento de la temperatura global calculado por medio de un sistema climático simple. Este sistema está representado por un conjunto de ecuaciones diferenciales lineales en donde, a partir de las emisiones de carbono, se calculan las concentraciones de CO<sub>2</sub> y a partir de éstas últimas el incremento de temperatura. El controlador difuso está formado por un conjunto de reglas lingüísticas que permiten inferir el nivel de emisiones necesario que debe de entrar al sistema para reducir el error de temperaturas, es decir, la diferencia entre el incremento de temperatura calculado por el sistema y el incremento tolerado.

El sistema de control diseñado en esta investigación permite generar diferentes escenarios posibles de emisiones y analizar su comportamiento. En este sentido, el uso de la lógica difusa para la creación de controladores en el ámbito del cambio climático promete ser de gran utilidad.

SE12-8

## ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ATLAS CLIMÁTICO DIGITAL DE MÉXICO

Fernández Eguiarte Agustín y Zavala Hidalgo Jorge

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

agustin@unam.mx

El proyecto: Atlas Climático Digital de México, generará mapas de nuestro país con información de distintas variables climáticas así como escenarios, necesarios para una gran diversidad de usuarios, destacando la de modelar la distribución de la biodiversidad y adecuar el impacto del cambio climático sobre ella. Existen, además, múltiples estudios relacionados con

diversas Ciencias de la Tierra en los que la cartografía del clima y sus escenarios futuros son una componente fundamental.

La generación de escenarios de cambio climático para México a escala regional, contempla la integración y disponibilidad de información interinstitucional de datos climáticos, así como de información sobre biodiversidad y ambiente, que respondan a las necesidades de los sectores ganadero, forestal y pesquero de tal forma que permitan a los tomadores de decisiones contar con elementos cuantitativos sobre el cambio climático, para hacer propuestas que contribuyan a diseñar políticas de reducción de la vulnerabilidad y el aumento de la capacidad adaptativa en diferentes regiones y sectores.

En el Atlas Climático Digital de México se están integrando escenarios basados en los modelos base del IPCC para el siglo XXI con un "downscaling" realizado con modelos de alta resolución que considera los efectos topográficos de pequeña escala.

SE12-9

## ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA MÉXICO

Conde Álvarez Cecilia, Estrada Porrúa Francisco, Sánchez Meneses Oscar, López Díaz Fanny, Lozano Juárez Mónica, Gay García Carlos y Ramírez Jorge

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

acconde@yahoo.com

A partir del cuarto reporte de los resultados de los grupos I y II del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), se están impulsando la generación de nuevos escenarios de cambio climático regionales para los estudios del posible impacto de este cambio en diversos sectores y regiones.

En México se está propiciando la generación de estos escenarios para diferentes estados del país, buscando que se generen planes de acción estatales que permitan impulsar estrategias de adaptación y de reducción de vulnerabilidad regionales.

Por otra parte, en el contexto de la Cuarta Comunicación de México ante la Convención Marco para el Cambio Climático, se elaboraron escenarios de cambio climático para la estimación de los correspondientes impactos y que respondieran a las necesidades de las distintas líneas de trabajo de esa Cuarta Comunicación. Dichos escenarios fueron elaborados para las variables temperatura y precipitación y los horizontes 2030 y 2050 aplicando las metodologías de los Grupos de Trabajo I y II del IPCC y considerando las metodologías sugeridas por el IPCC a partir de los resultados del Cuarto Reporte del IPCC.

Se presentan entonces en este trabajo los diferentes métodos para la generación de escenarios de cambio climático que fueron utilizados para los estudios de impactos en los asentamientos humanos y en la biodiversidad de México, así como para los sectores ganadería, pesquerías, asentamientos humanos, forestal y salud. Asimismo, se presenta el empleo de estos escenarios por parte de los responsables de los estudios estatales y regionales.

SE12-10

### ALGUNOS PROBLEMAS ASOCIADOS AL USO DE LA ESTADÍSTICA EN CAMBIO CLIMÁTICO

Estrada Porrúa Francisco, Conde Álvarez  
Cecilia y Martínez López Benjamín

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

feporrúa@atmosfera.unam.mx

En este trabajo se presentan algunos errores comunes en la aplicación de estadística para el análisis y generación de escenarios de cambio climático. Este tipo de errores en muchas ocasiones son ignorados y en este trabajo se muestra que éstos, sin embargo, pueden malinformar la toma de decisiones

SE12-11

### EL PLAN DEL ESTADO DE VERACRUZ (MÉXICO) ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Tejeda Martínez Adalberto<sup>1</sup>, Ochoa Martínez  
Carolina<sup>1</sup> y Welsh Rodríguez Carlos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Grupo de Climatología Aplicada, Universidad Veracruzana*

<sup>2</sup>*Centro de Ciencias de la Tierra, UV*

atejeda@uv.mx

El estado de Veracruz es un emisor importante de gases de efecto invernadero (20% del total nacional), pero además, por su posición geográfica y situación económica, enfrentará diversos impactos ante el cambio climático global. Por tanto, en 2006 se inició la elaboración de un Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC), con financiamiento del Fondo de Oportunidades Globales de la Embajada del Reino Unido, del Instituto Nacional de Ecología y de la propia Universidad Veracruzana.

El resultado es un libro de estudios que llevan hacia ese Plan, en el que han participado alrededor de ochenta autores de diversas instituciones como la Universidad Veracruzana, el Instituto de Ecología, A.C., el Instituto Nacional de Salud Pública y el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM.

De estos estudios se ha derivado el PEACC propiamente dicho, en el que de manera ejecutiva se abordan los temas de inventario y escenarios de emisiones, escenarios climáticos, variabilidad climática y teleconexiones, e impactos en costas, hidrología, bosques y biodiversidad, agricultura, ganadería, pesca, consumos energéticos, vivienda, economía y salud, que permiten arribar a una serie de recomendaciones en torno a medidas de mitigación de emisiones y de adaptación al cambio climático, su contraste con los principales programas gubernamentales relacionados con los problemas del cambio climático, estimaciones gruesas de costos de implementación y, en algunos casos, horizontes temporales de ejecución y propuestas de nuevas políticas públicas.

El PEACC será sometido a consulta pública por parte de la Secretaría de Protección Civil del Gobierno del estado de Veracruz para que, de ser legitimado, entre a formar parte de los documentos oficiales de dicho Gobierno.

En esta ponencia se presenta un resumen breve del PEACC, su metodología de elaboración y sus principales recomendaciones.

SE12-12

### EVALUACIONES INTEGRADAS DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Conde Álvarez Cecilia<sup>1</sup>, Ferrer Perdomo Rosa María<sup>2</sup>,  
Moterroso Rivas Alejandro<sup>3</sup> y Rosales Dorantes Guillermo<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*Colegio Franco Inglés*

<sup>3</sup>*Universidad Autónoma de Chapingo*

acconde@yahoo.com

Las evaluaciones integradas de los posibles impactos del cambio climático constituyen una línea de investigación que se está impulsando fuertemente en los estudios de cambio climático.

Una de las integraciones que se pretenden establecer se refiere a incluir dentro de los estudios de vulnerabilidad y adaptación a los forzantes no – climáticos (ambientales, económicos, sociales, políticos) en las evaluaciones de los posibles impactos del cambio climático.

Para realizar esta integración se requiere establecer equipos interdisciplinarios que aporten ante cada posible impacto los factores tanto climáticos como no climáticos que provocaron impactos negativos o aún desastres hidrometeorológicos.

Una herramienta que se ha empleado en estudios previos se basa en los llamados “espacios de amenaza climática”. Estos espacios permiten determinar los pesos específicos que pueden tener los factores climáticos y no climáticos y son un disparador inicial del análisis interdisciplinario. Por ejemplo, estos espacios permiten detectar los impactos históricos de eventos climáticos como El Niño / Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés). Para desarrollar estos espacios, se utilizan diagramas de dispersión estacionales de variables precipitación y temperaturas extremas (máximas o mínimas), en los que se incluyen los umbrales críticos de los cultivos de interés (café para el centro de Veracruz, maíz para el estado de Tlaxcala; sorgo, soya y cártamo para Tamaulipas). Este método también permite evaluar las posibles amenazas futuras en el contexto de cambio climático, por lo que resulta ser una herramienta útil para comunicar las posibles amenazas futuras.

El análisis de estos diferentes factores permite entonces ir generando un modelo que describa el comportamiento del sistema bajo estudio ante los diferentes estresores detectados.

Otro elemento fundamental en los estudios integrados es la incorporación de las necesidades y percepciones de los posibles afectados ante el cambio climático. La integración de las “partes interesadas” es otro tema de gran relevancia en los nuevos estudios.

En este trabajo se presentan entonces los espacios de amenaza climática para diferentes regiones, se recopilan los factores no climáticos que determinaron los impactos adversos observados y se plantean ejemplos de los modelos de impactos para realizar las evaluaciones integradas. Los espacios de amenaza se utilizan también para realizar evaluaciones de impactos potenciales futuros.

Finalmente, se describen las técnicas participativas que han permitido integrar a los actores clave en las regiones bajo estudio.

SE12-13

### ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO, SOCIOECONÓMICO Y DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DEL CAFÉ EN CHIAPAS

Saldaña Zorrilla Sergio Omar y Conde Álvarez Cecilia

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

saldana@atmosfera.unam.mx

Climatología, análisis económico y políticas públicas son tres áreas que rara vez logran integrarse en la práctica para la adaptación al cambio climático. El presente trabajo de investigación realiza (i) un análisis climatológico, socioeconómico y de políticas públicas para la identificación de riesgo y vulnerabilidad para el cultivo del café en la zona altos y selva del estado mexicano de Chiapas; (ii) documenta el proceso completo de análisis de vulnerabilidad climatológica y consulta a los actores involucrados para la implementación de mecanismos de adaptación llevado a cabo durante los últimos 8 meses, y, derivado de la experiencia reciente de este estudio; (iii) discute los principales logros y retos en la coordinación intra- e interinstitucional en y entre la academia, el sector privado y el sector público para la adaptación y mitigación del cambio climático en México.

En Chiapas, el café da empleo a más del 65% de la población económicamente activa; su cultivo se desarrolla dentro de los ecosistemas más biodiversos y amenazados del país, y; se extiende sobre cerca de la mitad de la superficie de bosques y selvas del estado. Los cada vez más severos desastres naturales, aunados a la persistente deforestación, a prácticas agrícolas inadecuadas y a ciclos de lluvias cada vez más irregulares, continúan reduciendo los rendimientos de este cultivo, deprimiendo cada vez más los ingresos medios rurales y provocando con ello una mayor presión sobre los recursos. Si, como la mayoría de los estudios estiman, estas tendencias continúan en este país, la aplicación de mecanismos como el presentado en este trabajo podría ser de mucha utilidad.

SE12-14

### VULNERABILIDAD DEL SECTOR PESQUERO EN MÉXICO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Martínez Arroyo Amparo<sup>1</sup>, Manzanilla Silvia<sup>2</sup>,  
Zavala Hidalgo Jorge<sup>1</sup> y Castro Romero Telma<sup>1</sup><sup>1</sup>*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*<sup>2</sup>*Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.*

amparo@atmosfera.unam.mx

Los cambios en las variables físicas en el océano conllevan cambios en los ecosistemas marinos en diversas escalas espaciales y temporales.

Este forzamiento físico es especialmente notorio a escala estacional cuando las variaciones en la temperatura superficial y las corrientes marinas, controlan la productividad, el crecimiento y la migración de las especies relacionadas con las pesquerías.

La actividad pesquera en mares y aguas continentales sigue siendo una fuente de alimentación real y potencial de primer orden para la población mundial. A los problemas ocasionados por la sobreexplotación, la contaminación, el deterioro de los ecosistemas de sostén y el estancamiento de grandes pesquerías

de importancia comercial, se suman los impactos potenciales del cambio climático sobre este sector.

En este trabajo se proponen métodos para evaluar la vulnerabilidad actual y futura del sector pesquero de México ante diversos escenarios climáticos, y se presentan resultados preliminares de su aplicación.

SE12-15

### MODELO DIFUSO PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y LA ADAPTACIÓN DE LOS PRODUCTORES AGRÍCOLAS MEXICANOS

Vermonden Thibodeau Anais<sup>1</sup>, Conde Álvarez  
Cecilia<sup>1</sup>, Nebot Castells Angela<sup>2</sup> y Gay García Carlos<sup>1</sup><sup>1</sup>*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*<sup>2</sup>*Universidad Politécnica de Catalunya, España*

anaisvt@gmail.com

El IPCC considera que los métodos para las evaluaciones de los impactos, la adaptación y la vulnerabilidad ante el cambio climático están evolucionando a obtener resultados para mejorar la toma de decisiones. Dado que se está reconociendo que el clima está cambiando, es importante contar con la información que permita el diseño de políticas para la adaptación y la mitigación ante el cambio climático.

Para realizar evaluaciones de vulnerabilidad, es necesario identificar quiénes son vulnerables (dentro del sector de interés, qué grupos son los más vulnerables), a qué son vulnerables (establecer las amenazas climáticas que más preocupan a los identificados como vulnerables) y diagnosticar las fuentes de esta vulnerabilidad.

Para esto último, es una tarea prioritaria establecer los indicadores climáticos, económicos y sociales que determinan esa vulnerabilidad en la actualidad, considerando que esos indicadores tienen que proyectarse a futuro. Para integrar este conjunto de indicadores de vulnerabilidad y adaptación es necesario contar con métodos que nos permitan integrar variables cuantitativas pero también cualitativas (opiniones de los tomadores de decisiones, por ejemplo). Para lograr este objetivo en este trabajo se aplica lógica difusa al análisis de vulnerabilidad y adaptación.

La ventaja principal de la lógica difusa es que puede usarse para explicar el mundo en el que vivimos, puesto que sigue el comportamiento humano de razonar, sacando conclusiones a partir de hechos observados. En este sentido, las técnicas basadas en este tipo de lógica multivaluada se han usado en un gran número de áreas de aplicación situadas mayoritariamente en el ámbito de la toma de decisiones en situaciones complejas. Este tipo de técnicas no ha sido usado hasta la fecha para razonar acerca de la vulnerabilidad y la adaptación ni para la toma de decisiones en éste ámbito. En este trabajo proponemos atacar esta línea de investigación pues creemos que es un enfoque que puede aportar muy buenos resultados y ser de gran utilidad. Específicamente se analiza aquí el caso de los pequeños productores de maíz de temporal.

La aplicación de estos métodos permitirá, por un lado, establecer la vulnerabilidad de los productores agrícolas ante el cambio y la variabilidad climáticos y, por el otro, proporcionar herramientas para la toma de decisiones desde la perspectiva de la adaptación. En este trabajo se desarrolla un modelo basado en reglas difusas que permite evaluar la vulnerabilidad de los

pequeños agricultores Mexicanos de maíz al cambio climático. Así mismo se compara la vulnerabilidad de los agricultores de los estados de Puebla y de Oaxaca y se indican las posibles vías de adaptación a las nuevas circunstancias climáticas.

SE12-16

### **IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA GANADERÍA BOVINA EN VERACRUZ, MEXICO.**

Salazar Lizal Sonia, Hernández Beltrán Antonio, Domínguez Mancera Belisario, Muñoz Melgarejo Sergio, Cervantes Acosta Patricia y Martínez Hernández Jose Manuel

*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana*  
ssalar@uv.mx

Para determinar el impacto del cambio climático en la ganadería bovina del estado Veracruz, México, fueron realizadas encuestas a productores en las asociaciones ganaderas locales de las regiones norte, centro y sur del estado. El criterio de selección de las asociaciones encuestadas incluyó su localización en municipios reportados por las instancias gubernamentales como afectados por sequía y/o lluvias. Las variables consideradas para este estudio fueron: pérdidas de animales, pastizales e infraestructura. Con apoyo del grupo de climatología de la Universidad Veracruzana, fueron realizados diferentes escenarios de precipitación y temperatura para las localidades ganaderas encuestadas. De acuerdo a los resultados, las pérdidas de animales además de las muertes y secuelas de enfermedades, se reflejan principalmente en una baja de los parámetros bioprodutivos en sequía y por la humedad excesiva durante las lluvias; afectando, la sequía principalmente al norte y las lluvias y sequía al centro; en tanto que el sur se ve afectado por lluvias. Los forrajes son afectados de una manera cuantitativa por pérdidas de áreas de pastoreo en la época seca y de una forma cualitativa en las lluvias por un decremento en la biomasa que reduce el valor nutricional del forraje. La lluvia y la sequía, afectan por igual a la infraestructura en las tres regiones, dañando principalmente cercos perimetrales y pastizales; en el sur por inundaciones, en el norte por incendios fuera de control debido a la sequía y en el centro por ambos fenómenos. El análisis de los escenarios muestra que la zona más vulnerable ante el cambio climático sería el centro, en tanto que el norte y el sur incluso podrían resultar beneficiados al reducirse el periodo de sequía en el norte y una menor precipitación en el sur. Las alternativas de mitigación, que a la postre implicarían adaptabilidad frente a este suceso, deberán sustentarse en el manejo holístico de los recursos naturales de las unidades de producción.

SE12-17 CARTEL

### **LA CONSTRUCCION SOCIAL DEL RIESGO Y LA MODA DE LA ADAPTACION**

Mansilla Elizabeth  
*Instituto de Geofísica, UNAM*  
elisa\_mansilla@yahoo.com

Se expondrán los principales elementos causales del riesgo y la importancia de las visiones multidisciplinarias para la comprensión de los procesos que dan lugar a situaciones de riesgo de desastres. Asimismo, se hará un breve repaso sobre el estado general del conocimiento y las visiones dominantes en el tema que se manejan a nivel internacional, tanto por los

países como por los organismos financieros y de cooperación internacional. La exposición pondrá énfasis en las nuevas visiones a partir de la difusión del tema sobre la Adaptación al Cambio Climático.

SE12-18 CARTEL

### **APLICACIÓN DE TÉCNICA PARTICIPATIVA CON CAFETALEROS PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN CENTRO DE VERACRUZ.**

Rosales Dorantes Guillermo<sup>1</sup>, Conde Álvarez Cecilia<sup>1</sup>, Palma Magreb Beatriz<sup>2</sup>, Monterroso Rivas Alejandro Ismael<sup>3</sup>, Ferrer Perdomo Rosa María<sup>1</sup>, Colorado Ruíz Gabriela<sup>4</sup>, Tapia Santos Berenice<sup>5</sup> y Morales Cortéz Rosa Elena<sup>5</sup>

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

<sup>2</sup>Universidad Veracruzana

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Chapingo

<sup>4</sup>Posgrado en Oceanografía Física, CICESE

<sup>5</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

ajusco2000@hotmail.com

Actualmente los principales estudios en México se han avocado a medir los impactos del cambio climático. Sin embargo, es necesario ampliar el horizonte hacia los estudios de la evaluación de la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

Una componente indudable para el establecimiento e integración para la evaluación de la vulnerabilidad, es sin duda, el enfocarse con las partes interesadas o actores clave. Los diferentes actores o partes interesadas pertenecen a niveles de gobierno, sectores económicos y comunidades dentro del ámbito de las escalas de estudio, sean a nivel nacional a local. Su participación permite definir el grado de la vulnerabilidad a la que están expuestos y posibilita el llegar a definir las estrategias, políticas y medidas para la adaptación al cambio climático.

Existen técnicas participativas que pueden integrarse a los estudios de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Las técnicas participativas permiten analizar con las partes interesadas, los forzantes climáticos y no climáticos que influyen en el grado de la vulnerabilidad de los sectores económicos o comunidades a distintas escalas geográficas de estudio tanto de forma cualitativa como cuantitativamente.

Se aplicaron dichas técnicas participativas a una agrupación cafetalera en la Región centro de Veracruz en el contexto de la evaluación a la vulnerabilidad climática, obteniéndose resultados preliminares que fundamentaron el proyecto "Las Posibles medidas de Adaptación ante el cambio y la variabilidad climáticos en la Subregión Central del estado de Veracruz", financiado por la UNAM.

La técnica muestra el acervo y memoria histórica de una sociedad y cultura que han interactuado con su medio natural para definir sus actividades económicas. Los cafetaleros muestran de forma oral, las amenazas climáticas pasadas y presentes. También se documentaron los problemas económicos por los que han pasado y están aún presentes en su vida cotidiana y de producción. Entendiéndose principalmente a qué clases de amenazas están expuestos y la magnitud de su vulnerabilidad al cambio climático.

Además, se describen en este trabajo las experiencias que permanecen en sus memorias y la forma que las afrontaron.

Con esta información, es posible evaluar los posibles impactos futuros y las posibles acciones del pasado que permitan diseñar las estrategias, políticas y medidas para la adaptación al cambio climático.

Finalmente el estudio de caso señala una metodología que puede incorporarse a otros trabajos con productores agrícolas y aplicarse en la planeación agrícola para afrontar el cambio climático.

## SE12-19 CARTEL

### ACTUALIZACIÓN DE LAS REGIONES DE DOUGLAS, ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN Y ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA MÉXICO

López Díaz Fanny y Conde Álvarez Cecilia

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

magiknra@yahoo.com.mx

En México se requiere profundizar en los estudios de tendencias climáticas a nivel regional, lo que permitiría conocer si el clima regional está cambiando o no. Para hacer este análisis, se utiliza la regionalización hecha por Arthur Douglas, quien construyó 18 regiones, para caracterizar la climatología de México. Las regiones están constituidas por estaciones de varios estados del país, por ejemplo, la región 12 que comprende los estados de San Luis Potosí, el Distrito Federal, Hidalgo y Guanajuato. Las series de datos de las regiones de Douglas para precipitación finalizan en los 90's y en los 80's para temperatura, por lo que fue necesario primero actualizar estos datos, completando las series lo más actual posible y así realizar el análisis de tendencias.

Para iniciar con la actualización de las series anuales de las regiones de Douglas, se hizo el supuesto que para cualquier estación utilizada en la regionalización era válida y que sus series se comportaban similarmente a las series de Douglas. De esta manera, se trató de explicar las series de Douglas con una o más de las series de las estaciones, de cada una de las regiones, haciendo un modelo de regresión lineal, el cual está basado en explicar el comportamiento de una variable a partir de otras. Se usó el programa Eviews para hacer la regresión lineal, donde la variable dependiente fue una serie de Douglas y la independiente fue la serie de una estación elegida (con criterios establecidos). La variable independiente y los coeficientes de la regresión lineal debían de cumplir con algunas pruebas estadísticas, para que la relación fuera válida. Una vez que obtuvimos nuestro modelo de regresión lineal, se complementó la serie de Douglas "original", haciendo una predicción con la ecuación generada. La estimación resultante ayudó a calcular la parte complementaria para la serie de Douglas, con los datos de la estación elegida (ya confiable). Por ejemplo, para la región 12, la serie "original" de Douglas de precipitación, finaliza en 1994, pero como la estación explicativa San José Iturbide que concluye en 2003, entonces el complemento para la serie de Douglas fue de 1995-2003, de esta manera se consiguió una serie más larga (1945-2003). Una vez obtenidas las ecuaciones de regresión lineal de las regiones de Douglas, se le ajustó una tendencia, la cual puede ser significativa o no, indicándonos si hay cambios o no en el clima.

Con la regionalización de Douglas, también se pudieron obtener los escenarios de cambio climático mensuales, con horizontes 2020, 2050 y 2080. Se eligieron los modelos MPIECH-5, UKHADGEM y GFDLCM20, con los escenarios de emisión A2, A1B y B1 y corrida uno.

## SE12-20 CARTEL

### DETERMINACIÓN DE ESPECIES IÓNICAS Y CARBONO TOTAL EN AEROSOLES PRESENTES EN UNA REGIÓN CAFETALERA (COATEPEC, VERACRUZ)

Álvarez Ospina Harry, Castro Romero Telma, Martínez Arroyo Amparo, Saavedra Rosado Ma. Isabel y Conde Álvarez Cecilia

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

harry02co@gmail.com

Se presenta un estudio cuantitativo referente a la calidad del aire de la región cafetalera de Coatepec, Veracruz (19° 27' latitud Norte y 96° 58' longitud Oeste). Se determinó la concentración de los iones cloruro, amonio, sulfato, nitrato, potasio, sodio, calcio, magnesio además de carbono total en partículas atmosféricas por distribución de tamaño. Se analizó también, la relación que existe entre la concentración de partículas y gases (ozono, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre y monóxido de carbono) presentes en la atmósfera de esta región.

Para coleccionar las muestras de aerosol se utilizaron dos impactores de cascada de 8 etapas (MOUDI MSP, Modelo 100), uno con sustratos de aluminio para la determinación del contenido de carbono total (CT) y el otro con filtros de policarbonato para el análisis químico de los iones. Los diámetros de las partículas para cada etapa (1-8) son 0.18, 0.32, 0.56, 1.0, 1.78, 3.16, 5.62 y 10  $\mu\text{m}$ , respectivamente. El CT se determinó con un sistema analizador de carbono (UIC, CM5014-CM5300). Esta técnica de detección está basada en la ley de Faraday. La concentración de los iones se determinó por absorción atómica y cromatografía líquida (HPLC).

Del análisis gravimétrico se tiene que la mayor concentración de masa se debe a la presencia de partículas grandes, esto es, en diámetros de 5.62 y 10  $\mu\text{m}$ . Los resultados indican también, que el carbono total se presenta en estas partículas principalmente. Por otro lado, para los cationes sodio, calcio y magnesio se encontró que la mayor concentración está en las partículas finas, específicamente en el diámetro de 0.56  $\mu\text{m}$ .

La mayor concentración de los iones potasio, sulfato y amonio se encuentra en partículas grandes (5.62  $\mu\text{m}$ ). Esto indica que el origen del potasio se debe principalmente a la quema de biomasa, en el caso del amonio está posiblemente relacionado con el proceso de descomposición de la cáscara de la cereza del café y a la orina del ganado presente en esta zona y para el sulfato, a la cantidad de bióxido de azufre y humedad del lugar. Los iones cloruro y nitrato están presentes en todos los diámetros, encontrándose la mayor concentración en 0.56  $\mu\text{m}$ . De acuerdo con la literatura estos iones tienen su principal origen en el uso de fertilizantes.

## SE12-21 CARTEL

### EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN: EL CASO DE APIZACO, TLAXCALA.

Lozano Juárez Mónica y Conde Álvarez Cecilia

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

elentary@yahoo.com

En el contexto de Cambio Climático, los eventos extremos son los efectos que causan mayores pérdidas tanto económicas como humanas. La percepción general es que éstos se han

incrementado tanto en frecuencia como en intensidad. Por lo tanto, es de suma importancia caracterizar los cambios que han tenido.

El objetivo de esta investigación es caracterizar los eventos extremos de precipitación. Esta caracterización consiste en determinar el cambio en frecuencia e intensidad de los eventos extremos de precipitación, para ello se ha usado la teoría de Valores Extremos en sus dos métodos, bloques y puntos sobre umbral; asimismo, se han calculado una serie de índices de eventos extremos.

En este trabajo se presentan los avances de tesis sobre Eventos Extremos de Precipitación, usando como estudio de caso el municipio de Apizaco en el estado de Tlaxcala.

Sesión Especial

# **Medición y modelación de procesos hidrológicos**

Organizadores:

Jaime Garatuza  
Christopher Watts



SE13-1

### IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE MONITOREO HIDROCLIMATOLÓGICO MULTI-INSTITUCIONAL EN EL ESTADO DE GUANAJUATO

Angeles Gómez J. Cruz

Comisión Estatal del Agua de Guanajuato

jangelesg@guanajuato.gob.mx

La medición de la lluvia es una actividad que la CONAGUA tiene como responsabilidad, pero que ha sido afectada de manera importante por el retiro de los observadores meteorológicos, personal "gratificado" con ingresos mínimos

La implementación de estaciones automáticas para monitorear el clima, son una solución a esta problemática, y como tantas cosas del mercadeo, existen instrumentos comerciales que se encuentran a ambos lados de un abismo monetario

No es imprescindible instalar una red con equipo caro que representa en muchos casos la obligada necesidad de establecer una deuda internacional, así como su mantenimiento y reparación; la intención es iniciar la medición de una manera productiva, sistemática y espacialmente ordenada, de acuerdo a las posibilidades y con la mente dirigida a las mejoras

Derivado de lo anterior y de la preocupación de proteger zonas urbanas del efecto negativo de los fenómenos meteorológicos, así como incrementar la productividad en el ámbito agropecuario, ha motivado a la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato la creación y operación de la red climatológica de nuestro territorio, por la importancia de su información producto de los eventos climáticos, así como para la ejecución de proyectos encaminados a satisfacer necesidades de agua potable, drenaje, saneamiento, entre otras

Aunado a esto, la administración de la basta información que se genera, hace necesario implantar un proyecto de integración, manejo de bases de datos y difusión acorde a las necesidades específicas de los participantes y los usuarios finales, así como incorporar la información de sistemas tecnológicos modernos, que aporten información conforme ocurren los eventos meteorológicos, tales como el radar o imágenes de satélite

A este respecto, la CEAG ha establecido contacto con dependencias e instituciones que aportan o requieren la información hidroclimatológica, entre las que se encuentran la Comisión Nacional del Agua (CNA), Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SDA), Protección Civil, Universidad de Guanajuato., Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la Sociedad de Responsabilidad Limitada del Distrito de Riego 011 (DR 011), Fundación Guanajuato Produce (FGP), Consejo Estatal Hidráulico y los COTAS para conformar el Centro de Información Hidroclimatológica de Guanajuato (CIHCG), con el fin de ordenar, integrar e intercambiar la información que se genera en las diferentes estaciones del Estado

SE13-2

### DISTRIBUCIÓN ESPACIOTEMPORAL DE LA LLUVIA EN LA REGIÓN DEL MONZÓN MEXICANO

Saiz Hernández Juan Arcadio<sup>1</sup>, Watts Christopher<sup>2</sup>, Rodríguez Julio César<sup>3</sup>, Garatuza Payán Jaime<sup>4</sup> y Gochis David<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora

<sup>2</sup>Departamento de Física, Universidad de Sonora

<sup>3</sup>Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora

<sup>4</sup>Departamento de Agua y Medio

Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora

<sup>5</sup>National Center for Atmospheric Research

jsaiz@dicym.uson.mx

La red básica de mediciones de precipitación operada por la Comisión Nacional del Agua, proporciona datos de la lluvia total diaria. Entonces se carece de información sobre el comportamiento diario de la lluvia. Además, la densidad de estaciones en la Sierra donde podríamos esperar una distribución espaciotemporal muy variable. Entonces se propuso la instalación de una nueva red para complementar la existente.

En el período 2002-4, se instalaron unos cien pluviógrafos de balancín en preparación para el Experimento del Monzón de América del Norte realizado en el verano de 2004. Los pluviógrafos (TE525WS) fueron instalados en transectos a través de la Sierra Madre Occidental en los Estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa y Durango. Se grabaron los datos en dataloggers digitales sencillas, registrando la fecha y hora de cada evento (movimiento del balancín). Es ampliamente reconocido que los pluviógrafos de balancín subestiman la cantidad de lluvia a intensidades altas. Por lo tanto, se desarrolló una metodología sencilla para corregir estos datos. Se presentarán la metodología y los resultados.

La información generada por la red hace posible analizar el efecto de elevación y latitud sobre la distribución espacio-temporal de la lluvia en la región. Un resultado tal vez sorprendente fue que las intensidades máximas se registraron en la planicie costera. Sin embargo, la lluvia es de mayor duración a elevaciones altas, por lo que la lluvia total es mayor allí. La lluvia máxima ocurre más temprano en la parte alta que en la planicie baja, apoyando la idea que las lluvias inician en las montañas y después emigran hacia el mar.

Esta red ya no recibe financiamiento y se está explorando la posibilidad de integrar la parte más significativa en las redes operacionales. Se ha realizado un estudio sobre el efecto de estos datos tendrían sobre las estimaciones de lluvia espacial si estuvieran disponibles en tiempo real.

SE13-3

### MEDICIÓN Y MODELACIÓN DE EVAPOTRANSPIRACIÓN

Garatuza Payán Jaime<sup>1</sup>, Watts Christopher<sup>2</sup> y Rodríguez Julio César<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Sonora

<sup>2</sup>Universidad de Sonora

garatuza@itson.mx

La pérdida de agua hacia la atmósfera, ya sea por transpiración de la vegetación o por evaporación directa del suelo subyacente, generalmente referido como evapotranspiración (ET), es un factor

importante en estudios hidrológicos y de recursos hidráulicos y para estimar los requerimientos de agua al planear, diseñar y operar sistemas de riego. Se le considera también una de las variables de mayor interés y con mayor grado de dificultad para su medición en el balance de agua a nivel cuenca y su magnitud está controlada por la energía disponible en la superficie. Habitualmente se le supone el "residual" en los balances de agua, acumulando los errores del resto de las mediciones.

La ET puede ser "observada" realizando mediciones físicas, las cuales pueden ser difíciles, costosas, con requerimientos de personal especializado y, generalmente, son solo puntuales. Por ello, se han utilizado diversas aproximaciones de modelos para la estimación de ET, desde los muy simples (Blaney-Cridle, Penman-Monteith, Priestley-Taylor, etc.) hasta los muy complejos esquemas de transferencia suelo-vegetación-atmósfera. Aún mas, recientemente se ha realizado considerable esfuerzo para tratar de usar datos de sensores remotos para mejorar nuestra comprensión de los diferentes mecanismos y procesos entre la superficie y la atmósfera y, así, lograr una mejor estimación de ET con alta resolución tanto en tiempo como en espacio, incluyendo el efecto de la heterogeneidad espacial.

En este trabajo se presenta una discusión acerca de los diferentes instrumentos y métodos para medir ET y se exhiben resultados de algunos experimentos en el Noroeste de México. Se discuten también algunos esfuerzos para su modelación y estimación y su validación puntual con mediciones de terreno, poniendo énfasis en el cierre del balance energético sobre la superficie. Por último, se mencionan las diferentes aproximaciones para estimar la variabilidad, en espacio y tiempo, de ET, principalmente usando datos de sensores remotos de diferente resolución espacial y temporal.

SE13-4

### SCINTILÓMETRÍA: EXPERIENCIAS EN MÉXICO

Watts Christopher<sup>1</sup>, Rodríguez Julio César<sup>2</sup>,  
Garatuza Payán Jaime<sup>3</sup> y Chehbouni Adelghani<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Universidad de Sonora

<sup>2</sup>Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora

<sup>3</sup>Departamento de Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora

<sup>4</sup>Institut de Recherche pour le Développement

watts@fisica.uson.mx

Los scintilómetros son sensores remotos activos que miden las variaciones en el índice de refracción del aire debido a variaciones en temperatura y humedad. Los scintilómetros más comunes miden en la banda infrarroja cercana donde el efecto de las variaciones en temperatura es mucho más importante que el de las variaciones en humedad. Entonces se ha utilizado estos scintilómetros para estimar el intercambio de calor entre la superficie y la atmósfera integrado sobre la trayectoria del instrumento (0.5 – 4 km). Se presentarán los principios básicos sobre su operación.

Se utilizó un scintilómetro por primera vez en México sobre matorral desértico en La Poza (cerca de Hermosillo) durante 1995 usando un instrumento diseñado y construido en la Universidad de Wageningen (WU), Países Bajos, bajo la supervisión del Profesor Henk de Bruin. El año siguiente, se realizaron mediciones en la zona ribereña del río San Pedro en el inicio del programa SALSA, en colaboración Abdelghani Chehbouni de IRD, Francia. Durante SALSA (1997-8) se hicieron

mediciones sobre zacate y mesquite usando 3 scintilómetros en diferentes configuraciones y se hicieron mediciones por primera vez sobre superficies complejas. Se presentarán algunos resultados importantes de estos estudios.

Posteriormente, se iniciaron mediciones en campos agrícolas para estimar el consumo real de agua por diferentes cultivos. Se hicieron campañas en el valle del Yaqui en 1999 y 2000 sobre algodón, trigo y garbanzo. En todas las campañas mencionadas, se utilizaron prototipos prestados construidos en WU. En 2004, la Universidad de Sonora adquirió uno de los primeros scintilómetros comerciales y fue utilizado en un pequeño estudio en el centro urbano de Hermosillo.

En los últimos dos años, la Comisión Nacional del Agua ha comprado scintilómetros comerciales y ahora posee más de 10 instrumentos. Estamos trabajando en coordinación con ellos para su uso en experimentos especiales y la validación de modelos para estimar ET. En 2008, se realizó una campaña grande en el valle del Yaqui en colaboración con IRD y CONAGUA utilizando 7 scintilómetros y se presentarán resultados iniciales de este experimento.

SE13-5

### APROVECHAMIENTO MÁXIMO DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA Y FISIAGRÁFICA CON UN MODELO HIDROLÓGICO DISTRIBUIDO

Trelles Jasso Armando

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

atrelles@tlaloc.imta.mx

Recientemente se han elaborado modelos hidrológicos distribuidos con la plataforma Physitel/Hydrotel para varias cuencas de México, como sustento a la gestión integrada del agua y a la planeación de aprovechamientos hidroeléctricos.

El modelo hidrológico distribuido genera series diarias de caudal con base en series diarias de precipitación y temperatura, así como en las características fisiográficas detalladas de las cuencas. Para ello, la cuenca se discretiza en función del relieve y la hidrografía en unidades hidrológicas relativamente homogéneas (UHRH), con información específica sobre uso de suelo y textura de suelo. El modelo hidrológico distribuido simula en cada UHRH el escurrimiento diario mediante seis procesos. La calibración se hace por grupos de UHRH con respecto a series hidrométricas, obteniendo el mejor ajuste posible en volumen, forma y sincronización del hidrograma.

La disponibilidad de bancos de información geográfica y de series de tiempo, aunada a la conceptualización fina de los procesos hidrológicos, hacen posible ya la aplicación en nuestro medio de modelos hidrológicos distribuidos con base física. Estos, una vez calibrados, alcanzan mayor credibilidad ante los involucrados en la gestión de cuencas, ya que hacen un aprovechamiento máximo de la información meteorológica y fisiográfica disponible.

Sesión Especial

# **Propuesta de herramientas educativas para geociencias**

Organizadores:

Guillermo González

Alma González

Bernardo García

SE14-1

### APLICACION DE LAS TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION AL CURSO DE SISMOLOGIA

Valenzuela Wong Raúl<sup>1</sup> y Gómez González Juan Martín<sup>2</sup><sup>1</sup>*Instituto de Geofísica, UNAM*<sup>2</sup>*Centro de Geociencias, UNAM*

raul@ollin.igeofcu.unam.mx

La materia de Sismología I es fundamental para los estudiantes de esta área dentro del Posgrado en Ciencias de la Tierra de la Universidad Nacional Autónoma de México. La universidad ha puesto a nuestra disposición diversas tecnologías de la información, las cuales hemos aplicado a fin de enriquecer la enseñanza de la Sismología. El curso se ofrece durante el semestre que va de agosto a diciembre. A partir de 2004 dicho curso se ha ofrecido por videoconferencia con la participación de profesores del Centro de Geociencias (CGeo) en Juriquilla, Qro. y del Instituto de Geofísica (IGF) en México, D. F. Asimismo, los estudiantes inscritos se han encontrado tanto en el CGeo como en el IGF. Además, durante 2005 participaron estudiantes del posgrado compartido con la Universidad Veracruzana, quienes tuvieron acceso al curso estando en Xalapa, Ver. Otro aspecto ha sido la creación de un sitio de Internet en el cual se ofrecen materiales que permiten ampliar el conocimiento de los estudiantes y del público que así lo desee. Ahí los alumnos pueden consultar el temario, el calendario y la bibliografía del curso. También están disponibles los apuntes del curso en forma de presentaciones de PowerPoint. Adicionalmente se cuenta con actividades y ejercicios que facilitan el aprendizaje de los alumnos. Entre ellas se encuentran la localización de sismos, la obtención de mecanismos focales a partir de las polaridades y el acceso a bases de datos internacionales. También es posible acceder a notas y otros textos que amplían el conocimiento sobre algunos temas del curso. Por otra parte, se incluyen vínculos a otros temas de interés en Sismología así como a sitios en donde se puede obtener tanto software como manuales útiles en la Sismología. Algunos de los materiales de este sitio han sido creados en diversas instituciones del mundo y están disponibles gracias a la Internet. El sitio de Internet para el curso se puede consultar en [http://www.geociencias.unam.mx/~gomez/curso\\_sismo.html](http://www.geociencias.unam.mx/~gomez/curso_sismo.html).

SE14-2

### DESARROLLO DE SOFTWARE EN APOYO A MATERIAS BÁSICAS DE GEOCIENCIAS (FÍSICA)

Vásquez Serrano Alberto y González Pomposo Guillermo Jorge

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

hidroponia-nopalucan@hotmail.com

En el área específica de Física, existen una gran variedad de programas que se encuentran desarrollados en sistemas basados en MS-DOS y Linux, sistemas operativos que ha pasado a segundo término, desplazados por el Windows. Por esta razón se recurrió a la utilización de una plataforma de cuarta generación bajo Windows para la realización de software educativo, específicamente en los temas: Movimiento Armónico Simple y Mecánica de Ondas. Es fundamental que estos temas y otros en esta área, sean comprendidos de la mejor manera posible por los alumnos, ya que son la base para el entendimiento de temas más complejos en materias formativas

como Sismología. Es por ello que se ha trabajado en generar herramientas de apoyo pedagógico generadas por alumnos, con la tutoría de maestros, utilizando el programa Visual Basic 6.0, para programar el software resultante. Dicho software tiene como principal tarea realizar una representación lo más óptima posible de los modelos matemáticos utilizados en la programación, para proyectar a los alumnos el fenómeno físico de una manera más entendible. Para favorecer la construcción del conocimiento, cada simulación es acompañada por un texto explicativo. No obstante, para favorecer el proceso que va del análisis a la síntesis y viceversa, se ha previsto que las simulaciones se puedan hacer tantas veces como sea necesario de acuerdo con las necesidades cognitivas de cada usuario. Con los programas desarrollados hasta ahora lo tecnológico adquiere relevancia no en sí mismo sino porque es funcional a la dimensión práctica, esto es que se convierte en una herramienta de acceso al conocimiento y no mero recurso de entretenimiento. Este software se desarrolló y enfocó para alumnos de educación media, estudiantes con conocimientos previos de ondas sonoras, y consideramos la posibilidad de su utilización como material de apoyo para alumnos del ciclo básico de la universidad, que cursen carreras relacionadas con Física de Ondas y Ciencias de la Tierra. El programa se basó en el modelo de enseñanza educativa a través de software, desarrollado en el Laboratorio de Tecnología e Investigación que busca que el usuario del programa aprenda lo expuesto mediante la interacción con la interfase gráfica; de una manera sencilla.

SE14-3

### SIMULACIÓN DE ONDAS SÍSMICAS

Vásquez Serrano Alberto, González Pomposo Guillermo  
Jorge, Flores Flores Alfredo y Pérez Córdoba César*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

hidroponia-nopalucan@hotmail.com

Nuestro país es dependiente de tecnología extranjera en muy alto grado. La generación de software, como ejemplo, es deficiente; la mayor cantidad de programas para modelado de fenómenos físicos como son la propagación de ondas provienen de Estados Unidos y Europa. La pregunta es: ¿Qué estamos haciendo para revertir esta situación? En este trabajo se presenta una alternativa con el desarrollo de un software para mejorar la comprensión de este fenómeno en el área de Ciencias Formativas de la BUAP. En el área específica de Sismología existen una gran variedad de programas que se encuentran desarrollados en sistemas basados en MS-DOS, sistema operativo que ha pasado a segundo término, desplazado por sistemas actuales y comerciales como Windows. Es preciso aclarar que aunque existen otros programas hechos bajo Linux, este sistema debido a su propia naturaleza, no tiene el alcance de Windows, en lo referente a la parte comercial. También existen programas educativos hechos para Windows, que a diferencia del software que se ha hecho en la BUAP, no cuentan con un sustento pedagógico.

De acuerdo con las características de este software, podrían encuadrarlo en lo que se llama simuladores, ya que en general se promueve un aprendizaje por descubrimiento que impulsa al alumno a realizar técnicas de inferencia y razonamiento aproximado, a partir de la exploración de situaciones que intentan ser una réplica de los fenómenos que ocurren en el interior de la tierra. Se incluye en el software la simulación de la propagación de las ondas que muestran al alumno situaciones difíciles de representar para reorientar ese esfuerzo en la búsqueda de

solución de otras situaciones que requieran abstracciones de mayor complejidad. La generación de las ondas, requirió que se resolviera primero la ecuación diferencial de un sistema amortiguado y después su representación en la pantalla a través de la graficación de la función obtenida. A partir de este sencillo modelo se hicieron las primeras representaciones, aunque se tuvo la necesidad de profundizar más en el tema y se complementó el programa con las características que más se acercaban a la realidad de la propagación de las ondas. En este trabajo se hace énfasis en las ondas sísmicas de campo cercano donde se pueden ver con más claridad las fases P y S, además de la relación de atenuación. Los gráficos que se obtienen son de una componente (Z, vertical).

En general las simulaciones presentadas sirven para descomponer el fenómeno de manera tal que el usuario tenga la oportunidad de analizarlo y comprenderlo, para simplificar el proceso de abstracción que implica la comprensión del objeto de estudio.

SE14-4

### NEW TOOLS IN UNDERSTANDING GEOSCIENCE RESEARCH: WEB-BASED APPLICATIONS

Manea Marina

*Centro de Geociencias, UNAM*

marina@geociencias.unam.mx

In teaching geosciences classes it is essential to provide students with the possibility of having hands-on experiences, even if sometimes they happen to be only in the virtual world. In the portal created for the Computational Geodynamics Laboratory, I present several web-based applications, which will help students to manipulate and visualize not only data but also to understand concepts like mantle convection, plate reconstruction or plate deformation. The "Toolbox" option provides a set of state-of-the-art applications (WebPlates, WebFlexure, and WebConvec), in which logged-in users can run on-line various codes, without previous knowledge of advanced programming. WebPlates is used in Plate Tectonics classes, helping students to identify and familiarize themselves with various tectonic plates, different tectonic limits, hotspots, etc. WebFlexure is used to study the mechanical behavior of oceanic plates at trenches. WebConvec comes with four cases, analyzing the thermal and thermo-chemical convection in different conditions and geometries. In this way the students can understand how the variation of various physical parameters can affect the modeling results. The "Models" section presents a collection of dynamic numerical models generated within the Computational Geodynamics Laboratory. In this section, the logged-in user can visualize sophisticated convection and deformation models, tectonic plate reconstructions, or geophysical field data, like geoid, gravity and the magnetic. All these applications are actively used in the Geodynamics course that I currently teach and it seems that all this interactive sessions generated a good dynamics and a great interest in geosciences.

SE14-5

### APLICACIÓN DEL SOFTWARE SEISMO-VOLCANALYSIS EN EL ESTUDIO DE SEÑALES SISMO-VOLCÁNICAS. CASO DE ESTUDIO: VOLCÁN POPOCATÉPETL

Quezada Reyes Aída<sup>1</sup>, Lesage Philippe<sup>2</sup> y Valdés González Carlos<sup>1</sup><sup>1</sup>*Servicio Sismológico Nacional*<sup>2</sup>*Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique, CNRS, Université de Savoie, France*

aida@ssn.ssn.unam.mx

Las señales sísmicas observadas en volcanes activos son el reflejo de los procesos físicos relacionados con el estado de los sistemas hidrotermal y magmático, así como su evolución.

El análisis de la actividad volcánica a partir de dichas señales constituye una herramienta de gran utilidad en el monitoreo volcánico. La finalidad de su estudio radica en conocer el estado de un volcán y detectar oportunamente condiciones anómalas precursoras de algún proceso eruptivo y, de ser posible, tomar medidas de seguridad o poner en marcha un plan de emergencia previamente establecido con el objeto de mitigar el riesgo volcánico.

Con el objeto de satisfacer la necesidad de realizar un análisis continuo de las diferentes señales sismo-volcánicas, el software Seismo-volcanalysis, creado por Philippe Lesage, con contribuciones de Géraldine Roger, Miguel González, Mauricio Mora, Sebastián Araujo y Guillaume Richard, consiste en una serie de módulos que permiten seleccionar y seccionar partes de un registro, realizar el cálculo espectral, representaciones en tiempo-frecuencia, detectar eventos y corregir registros a partir de la respuesta instrumental. Seismo-Volcanalysis permite además analizar eventos de periodo largo utilizando el método de modelación auto-regresiva ARMA (Lesage, 2008).

Una de las contribuciones importantes de Seismo-Volcanalysis ha sido la aplicación de dicha herramienta en el análisis de la sismicidad de volcanes como el Misti (Perú), Kelut (Java, Indonesia) (Lesage, 2008) y Popocatepetl antes y durante la crisis eruptiva de diciembre de 2002 y febrero de 2003. El análisis continuo permitió conocer la evolución de las señales sismo-volcánicas durante esta fase, la cual constituye una excepción a las manifestaciones de actividad observadas en el volcán durante etapas previas de actividad.

SE14-6

### ANÁLISIS DE LA VIBRACIÓN AMBIENTAL PRODUCIDA POR TRÁFICO EN PUENTES DE LA CIUDAD DE PUEBLA

Gutierrez Rodriguez Ricardo, Posada Sánchez Ana Elena, López Valdivia Erika Nallely y González Pomposo Guillermo Jorge

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

gurricardo@gmail.com

La obtención de registros sísmicos en estructuras del estado de Puebla se dificulta ya que es pequeña la frecuencia de sismos cuya magnitud sea mayor a 6.5, pues solo se han registrado 3 eventos en cinco décadas. Es necesario contar con información confiable para realizar el análisis dinámico de la interacción suelo-estructura, por lo que en la Asignatura de Ingeniería Sísmica que se encuentra dentro del programa de Ingeniería Geofísica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, se ha optado por llevar a los estudiantes a experimentar

la vibración de una estructura por el efecto de cargas dinámicas. La obtención de los registros cuyo análisis se presenta en este trabajo se realizó durante los días 28 de abril y 5 de mayo de 2007 en lapsos de dos horas, durante el horario de mayor tráfico en el puente ubicado en la avenida Municipio Libre de la zona Sur-Oriente de la Ciudad de Puebla. El puente se localiza sobre el cauce del río Alseseca, que atraviesa la ciudad de Puebla llegando por el Este y cruzando la ciudad hacia el Sur para desembocar en el lago de Valsequillo. Con los registros obtenidos es posible identificar variaciones en las frecuencias de oscilación de las tres componentes, de acuerdo al tipo de sollicitación al que se ve sometida la estructura. El análisis consiste en la determinación de los espectros de Fourier de las tres componentes y la determinación de valores promedio ante la excitación dinámica inducida por el transporte de carga. La segunda opción con la que se ha trabajado es la generación de espectros de respuesta de aceleración absoluta para las componentes horizontales y la identificación del periodo de máxima aceleración. Este tipo de actividad didáctica permite que los estudiantes vayan desarrollando la práctica en el análisis de series de tiempo, así como el comportamiento de estructuras cuya importancia en caso de contingencia es fundamental.

SE14-7

### **DIRECTIVIDAD SISMICA PARA EL ESTADO DE PUEBLA Y SU IMPACTO SOSIECONOMICO**

González Ortiz Alma Abigahyl y González Pomposo Guillermo Jorge

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

abigahylg22@gmail.com

El estado de Puebla con coordenadas geográficas son los paralelos 19° 43' 18" y 19° 49' 54" de latitud norte y 97° 32' 36" y 97° 35' 42" de longitud occidental. Se encuentra dentro de las zonas sísmicas D, C, B; los sismos producidos en esta área son los más frecuentes debido a la subducción de las placas tectónicas de Cocos y Norteamericana, así como los continentales al sur del estado. Puebla se caracteriza por tener una gran diversidad de regiones fisiográficas, a través de estas estructuras algunas regiones son protegidas de los sismos además de que otras se encuentran muy dispuestas a sufrir daños muy grandes en sus ciudades y producir grandes pérdidas económicas, a través de este estudio podemos conocer como se encuentran las zona mas vulnerables debido a la presencia de sismos, y poder así ayudar a la implementación de planes de contingencia adecuados para el estado.

A partir de un estudio realizado en la asignatura de Ingeniería Sísmica que se encuentra dentro del plan de estudios de Geofísica de la BUAP se establecen cuatro cuadrantes definiendo como centro a la ciudad de Puebla, tomando en cuenta las siguientes características para determinar la directividad: magnitud de sismos mayores a 5 grados; zonas de amortiguamiento de las ondas sísmicas; ubicación de geomorfologías; catalogo de sismos de 1900 a 2006 y directividad de sismos regionales.

Por lo anterior se puede observar que debido a la geomorfología que presenta el estado de Puebla se encuentra protegido en los dos primeros cuadrantes esto es por que se encuentran en la zona norte del estado y con muy baja actividad sísmica, pero dentro de los cuadrantes III y IV se determina zonas de amortiguamiento ya que se encuentran los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl encontrándose al sur-oeste del estado y el Citlaltépetl al sur-este del mismo. Tomando en cuenta estos puntos se ha encontrado un azimut aproximado de 100° desde El

Carrizal en el estado de Guerrero llegando a Ixhuatán en el estado de Oaxaca cerca de la frontera con Chiapas que comprende la zona de mayor riesgo sísmico

SE14-8

### **ELABORACIÓN DE UN PLAN DE CONTINGENCIA PARA ESCUELAS PRIMARIAS EN ZONAS DE RIESGO SÍSMICO EN PUEBLA**

Ramón Márquez Víctor Manuel, Romero Tellez Jessica  
Montserrat y González Pomposo Guillermo Jorge

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

nano\_18031@hotmail.com

En el Estado de Puebla se presentan afectaciones graves ya que en los últimos años, se han presentado estragos muy grandes por la acción de agentes perturbadores como el de 20 de Octubre 1980 y el del 15 de junio de 1999, más específicamente el macrosismo del 28 de agosto de 1973. La mayoría de las veces, estas perturbaciones llegan en forma súbita e inesperada, alterando a todos los sistemas sociales; por ello consideramos importante una planificación. Por esta razón es importante contar con planes de contingencia eficaces dentro del sector educativo, como parte de las prácticas profesionales del programa de ingeniería geofísica, se diseño e implementó un programa que impactará en el sector más vulnerable que es la educación básica. Las actividades realizadas son: vinculación a protección civil con la finalidad de conocer el proceso y normas establecidas para prevención de riesgo sísmico, se trataron temas como ¿Qué es un sismo? ¿Qué hacer en caso de un sismo?; la cual se hizo de manera didacta ya que los niños se les otorgó un tríptico y al final preguntaron sus dudas, se pintaron y colocaron rutas de evacuación así como puntos de reunión concedidos por el municipio y finalmente la realización de un simulacro. El objetivo es establecer los dispositivos necesarios de intervención en situaciones de emergencia, así como la coordinación de todos los elementos que deban participar; preparar a los empleados, estudiantes, y población flotante para hacer frente en forma más efectiva a situaciones de sismo, a través del establecimiento de mecanismos y procedimientos de actuación que minimicen los efectos destructivos en la eventualidad de un desastre.

SE14-9

### **SISTEMAS INTERACTIVOS Y DE REALIDAD VIRTUAL PARA LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

Aguilar Sierra Alejandro

*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

alsierra@gmail.com

Se revisa la experiencia obtenida con el uso de la realidad virtual para la docencia de temas de Ciencias de la Tierra desde 2005, con la inauguración de los proyectos Ixtli en la UNAM, hasta la fecha. Se hace una demostración breve del Geoescenario para la enseñanza de los temas Corrientes del Golfo de México y El Niño/Oscilación del Sur.

Se discuten las posibilidades docentes que ofrecen las nuevas tecnologías inmersivas y las perspectivas en el futuro inmediato.

SE14-10

### TRATAMIENTO DE IMÁGENES BASADO EN HERRAMIENTAS VISUALES DE ENTORNO GRÁFICO 4GL EN APOYO EDUCATIVO

Muñoz Máximo Ignacio

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

rexj24@yahoo.com

En estos días las personas hemos sido alcanzadas casi en todos los rincones por los nuevos avances tecnológicos y científicos, dando como resultado el uso de las computadoras que es casi tan cotidiano y normal para nosotros como preparar un café por la mañana. La incorporación del mundo digital ha demostrado tener enormes beneficios y aplicaciones en las distintas áreas del conocimiento, generando una revolución completa sobre el entendimiento y comprensión a determinados problemas, permitiendo obtener una visión diferente. Considerando lo anterior se ha comenzado el desarrollo de una herramienta alternativa basada en el lenguaje de programación V.B. 6.0, con la finalidad de poder incorporar imágenes obtenidas mediante cámaras digitales al entorno de Win XP, para efectuar diversos tipos de análisis tomando como punto de partida la observación en la imagen, o bien, la incorporación de distintos procesos matemáticos a problemas muy particulares. Otra aplicación que se pretende alcanzar será la de obtener información general, permitiendo generar modelos de simulación en algunos problemas. Por ahora la herramienta brinda la obtención e incorporación de cualquier imagen digital con las extensiones: \*.bmp, \*.jpg, \*.jpeg y \*.gif, estos formatos son los más usuales al obtener archivos procedentes del contenido en una cámara digital, generalmente. Ya incorporada la imagen al programa y dar click sobre de ella, generar un punto o círculo dando al instante su posición en coordenadas X,Y; los valores de las coordenadas para el área en donde aparece nuestra imagen pueden definirse por el usuario en cualquier instante, estos datos se acumulan en una serie de arreglos que interactúan en relaciones de uno a uno, uno a varios y varios a varios según sea el caso, con el propósito de ir generando un registro de esta serie de puntos efectuada por el usuario, logrando así obtener en cualquier momento dichos registros. Uno de los principales problemas que se presentó para la generación esta herramienta fue el de elaborar un arreglo multicreciente, ello plantea por ejemplo, que para un usuario cierta imagen podría requerir solo 6 puntos para determinado análisis mientras para otro una mayor o menor cantidad de ellos, caso muy común cuando al pararnos frente a un afloramiento nuestros profesores piden efectuar un esquema y cada uno dibujamos lo que creemos conveniente, aquí ocurre exactamente lo mismo, una vez resuelto esto las aplicaciones son variadas, desde la mera elaboración de líneas de un Punto 0 a un Punto n; obviamente ello puede complementarse con la gran diversidad de herramientas que ofrecen los lenguajes 4GL como V. B. 6.0, desde operaciones tan sencillas como sumar hasta el desarrollo de algoritmos más complejos, dependiendo siempre de la necesidad y capacidad de cada usuario que se interese por el uso de esta herramienta.

SE14-11

### APLICACIONES 4GL PARA DESARROLLO DE HERRAMIENTAS EDUCATIVAS

Muñoz Máximo Ignacio

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

rexj24@yahoo.com

Actualmente la educación alrededor del mundo cambia, se adapta y evoluciona según las nuevas exigencias que tiene la sociedad, no obstante son pocos los países que verdaderamente se han preocupado por fomentar en las nuevas generaciones la capacidad de desarrollar un conocimiento que implique la creación de herramientas educativas. En México desafortunadamente tenemos una gran cantidad de vicios tanto en nuestro sistema educativo como en los estudiantes, entre ellos el de no desarrollar herramientas de simulación educativa que apoyen el aprendizaje, ofreciendo al estudiante la oportunidad de tener una comprensión más profunda ante la resolución de distintos problemas y no solo operar de manera mecánica. En estos días contamos con computadoras que brindan un mundo de posibilidades infinitas del cual solo utilizamos una pequeña parte, recurriendo por lo general a software aplicativo como Office y paqueterías semejantes, dejando a un lado habitualmente los lenguajes de programación de cuarta y quinta generación. En la Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla se ha comenzado a trabajar en este sentido, desarrollando software que ilustre y apoye problemas de tipo matemático principalmente en materias de formación básica; estos programas han sido creados en un aula de Simulación y Tecnología con la que cuenta la Facultad de Ingeniería dirigida por el M.C. César Pérez Córdova, quien ha conformado un grupo de estudiantes de los distintos colegios, entre ellos Geofísica. Los alumnos interesados se han dado a la tarea de participar en la elaboración de software, usando como plataforma base el lenguaje Visual Basic versión 6.0 sobre el sistema operativo Windows XP. En informática esta clase de lenguajes son llamados de cuarta generación (4GL.) cuya programación es conocida bajo las siglas POO y OOP (del inglés Object Oriented Programming), basada en colecciones independientes de estructuras de datos y rutinas que interactúan entre varios objetos. La funcionalidad y eficiencia de estos lenguajes depende indudablemente de la capacidad de cada individuo ya que la complejidad en una herramienta desarrollada varía según el problema a resolver. Es evidente que al generar programas orientados a la comprensión, entendimiento y solución de un problema para otros usuarios, en este caso alumnos, no sólo se profundiza más en el tema, sino además, dada la necesidad de crear esa interfase hombre-máquina para otros, se adquiere poco a poco un nivel de pensamiento de segundo nivel, pues dicha interfase debe permitir al estudiante el poder observar el modelo gráfico y el cómo cambia e interactúa con el modelo matemático, ello ofrece sin duda alguna una visión diferente respecto a un problema en particular que se este estudiando, dando la oportunidad de experimentar el comportamiento de un modelo matemático bajo distintas condiciones. Entre los programas desarrollados tenemos: Estadistic (en apoyo a la materia de probabilidad y estadística), DigFilter (ilustra un filtro digital para hallar y proponer una función de segundo grado en un problema particular) y N.Reed (ilustra algunos ejemplos para la materia de Métodos Numéricos y Programación).

SE14-12

### PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA GEOLOGÍA AMBIENTAL

Teutli León Margarita, González Pomposo Guillermo Jorge,  
Posada Sánchez Ana Elena y Jiménez Suárez Gabriel

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

teutli23@hotmail.com

Una parte fundamental en la enseñanza de geología ambiental es el que el alumno sea capaz de correlacionar sus observaciones físicas con la respuesta química que podría exhibir una estructura geológica.

Motivado por lo anterior se propone un conjunto de prácticas donde el alumno sea capaz de establecer una correlación entre la respuesta física y química de estructuras geológicas. El enfoque de estas prácticas contempla el asociar las propiedades elásticas de rocas con sus propiedades geoquímicas y con las propiedades geoquímicas del agua obtenible en pozos ubicados en la misma.

Una primera aproximación es mediante la máquina universal obtener la gráfica de esfuerzo-deformación, con lo cual se determinarán los módulos de Young, de rigidez, de Lame, de Bulk y la razón de Poisson. Esta prueba es destructiva por lo que una vez realizada se utilizarán los fragmentos para realizar el análisis químico.

El material fragmentado se fraccionará a malla 200 para poder preparar una muestra analítica que permitirá determinar conductividad y pH. Asimismo, un análisis químico comprenderá una digestión ácida de la muestra, y con la solución se procederá a determinar el contenido de sílice, carbonatos, aluminio, fierro.

En caso de obtener muestras de agua de la zona donde se extraen los núcleos se procederá a determinarles pH, conductividad, alcalinidad, dureza total y dureza al calcio, sílice soluble, sulfatos, cloro libre.

SE14-13

### PROYECTO DE DIVULGACION DE LA CIENCIA

Marín Stillman Luis E.<sup>1</sup>, Martínez Cedeño Victor<sup>2</sup> y Ortiz Pérez Manuel<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*Universidad Simón Bolívar*

lmarin@geofisica.unam.mx

El proyecto de divulgación de la ciencia en el tema del agua busca hacerle llegar a la sociedad mexicana información sobre el tema del agua en nuestro país. El proyecto cuenta con tres áreas principales: divulgación de la ciencia, publicaciones digitales, e información del agua. En la primera parte hay animaciones 2D de aspectos como el ciclo hidrológico, la importancia del agua subterránea, y otros. En la segunda parte hay libros digitales, o vínculos para bajar libros como El Agua en Mexico vista desde la Academia, publicada por la Academia Mexicana de Ciencias. En la tercera parte, hay artículos, informes, y tesis sobre tema del agua (en los cuales no hay derechos de autor) o se ha dado permiso para subirlos. Por este medio invitamos a toda la gente que guste, que nos mande sus trabajos para subirlos a la página.

SE14-14

### LAS SERIES DE DIVULGACIÓN COMO INSTRUMENTOS DE EDUCACIÓN CIENTÍFICA EN MÉXICO: EXPERIENCIAS CON LA SERIE "EXPERIMENTOS SIMPLES PARA ENTENDER UNA TIERRA COMPLICADA"

Alaniz Álvarez Susana A. y Nieto Samaniego Angel

*Centro de Geociencias, UNAM*

alaniz@geociencias.unam.mx

El Centro de Geociencias está publicando una serie de divulgación científica que se llama Experimentos simples para entender una Tierra complicada. Esta serie intenta cubrir dos aspectos: (1) la experimentación como fuente de aprendizaje y (2) proveer información sobre procesos terrestres geológicos y geofísicos. Esta serie está basada en la lista de los diez experimentos más bellos de la física publicada en *Physics World* en el año 2002. El propósito es que niños y jóvenes logren entender los principales fundamentos de la física. Cada fascículo está enfocado a uno de los experimentos de esa lista, contienen además otros experimentos para reforzar el conocimiento del tema, y cada experimento tiene una aplicación a la vida diaria y a un proceso terrestre.

Esta serie ha sido financiada por instituciones de educación superior, la Academia Mexicana de Ciencias, la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM y empresas mineras. En total se han publicado 4 números sumando cerca de 70,000 ejemplares y se han distribuido gratuitamente en escuelas y museos de ciencia. La mejor respuesta que hemos obtenido es la de las escuelas, hemos recibido cientos de solicitudes de profesores desde el nivel preescolar hasta bachillerato. Sabemos que los fascículos se han utilizado en las aulas de varias maneras: haciendo un experimento por semana, solicitando a los estudiantes que propongan un experimento y sus aplicaciones, como prueba de comprensión de lectura, entre otros. En general, cuando los ofrecemos a una escuela, el director ha preferido entregarlos a los profesores que a los estudiantes, aunque nuestra idea original fue la de que se repartiera a niños.

Esta experiencia nos ha permitido inferir que hay un nicho grande en este país para material científico educativo. Aunque es difícil influir en los programas de la SEP, es muy fácil cubrir las necesidades de material didáctico de ciencia para niños a través de la distribución gratuita de material de divulgación científica en las escuelas.

SE14-15

### PROPUESTA DE LA CREACIÓN DE UN SITIO ESCUELA PARA LA REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS PROFESIONALES EN LA CARRERA DE INGENIERO GEOFÍSICO

Cárdenas Soto Martín y Reyes Pimentel Thalía A.

*Universidad Nacional Autónoma de México*

martinc@servidor.unam.mx

En la Facultad de Ingeniería de la UNAM, el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Geofísica plantea la realización de prácticas de campo a fin de que alumnos apliquen sus conocimientos de métodos de prospección geofísica. Lo deseable de estas prácticas es que la formación profesional de los egresados sea complementada por medio de la integración de los fundamentos teóricos con habilidades tales como: el diseño de experimentos de campo, recopilación y procesamiento de datos,



y la interpretación e integración de resultados. En resumen, es necesario que los alumnos se involucren en la solución a un problema real de exploración.

Hasta la fecha, las prácticas se han llevado a cabo en sitios tales campus universitarios, terrenos privados, áreas de terrenos gubernamentales, etc. La realización de éstas generalmente tienen, entre otros, los inconvenientes siguientes. La selección del método geofísico a emplear depende de las condiciones del subsuelo. En general, no se cuenta con un control del área de estudio. Las dimensiones del objetivo a explorar y la profundidad de investigación del método, restringen la utilización del mismo. Generalmente, no se aplican más de dos métodos geofísicos en el área de estudio, por lo cual, los alumnos se limitan a interpretar los datos con los escasos estudios geológicos del área.

En este estudio se presenta una propuesta para la implementación de un sitio de prueba (o sitio escuela) para la realización de una práctica integral donde el alumno pueda integrar al menos tres métodos de prospección para caracterizar una zona de estudio. El objetivo de llevar este tipo de propuestas a foros donde se reúnen profesionales en ciencias de la tierra, es contar con la opinión, consenso y cooperación de instituciones, entidades, empresas, etc., en apoyo a la implementación de este sitio.

Las ventajas de contar con este sitio y realizar prácticas de campo son: Se pueden aplicar más de dos metodologías para caracterizar el subsuelo (como es deseable al aplicar métodos geofísicos). Se puede anticipar la recopilación de otros tipos de estudios de la zona para ser analizados en la interpretación de datos. El procesamiento e interpretación de resultados servirá para conformar un trabajo escrito que pueda presentarse como una opción de titulación. Reduce los recursos económicos empleados por la institución al tratarse de una única salida de campo. El resultado de la interpretación puede servir como estudio de investigación, de ingeniería o económico para la región.

SE14-16

### **LA GEOÉTICA EN LA FORMACIÓN DEL ESTUDIANTE DE GEOCIENCIAS**

García Amador Bernardo y González Pomposo Guillermo Jorge  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
apeironbiga@hotmail.com

La formación humanística en el estudiante de licenciaturas a fines a las Ciencias de la Tierra, se ha visto impregnada por el rumbo de la ética profesional, la cual tiene como objetivo, crear una conciencia de responsabilidad con los derechos y deberes que le corresponden a cada uno de los individuos que ejerzan su profesión; sin embargo, hoy en día con la atención en los problemas ambientales, surgen nuevas respuestas y entre una de ellas nace la Geoética, basándose en la razón que tienen como utilidad las Ciencias de la Tierra al medio ambiente. Ello sugiere el desarrollo directo de una disciplina que logre el estímulo entre geociencias y medio ambiente, inculcándose en las aulas como vertiente de las materias socio-humanísticas como es la ética.

En este trabajo se propone incluir este trabajo en el Plan de Estudios de los programas educativos que se imparten en las diferentes Instituciones de Educación Superior del país. En el caso particular de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla se plantea agregar dentro de la asignatura de Ética y Práctica Profesional, en la etapa terminal del Plan de Estudios.

La presencia del enlace entre la ética y las geociencias comienza su camino en la educación impartida en los estudiantes que ahora tienen una responsabilidad de frente: la Madre Tierra.

SE14-17 CARTEL

### **LA VIDEOCONFERENCIA COMO HERRAMIENTA EDUCATIVA PARA GEOCIENCIAS**

Cortina Urrutia Lucila Margarita y Lopez Cantero Carlos  
Instituto de Geofísica, UNAM  
lucila@geofisica.unam.mx

Como se indica en la descripción de la sesión especial repropuesta de herramientas educativas para geociencias, la educación universitaria tiene acceso a diferentes recursos y experiencias que van más allá de las aulas universitarias. Sin embargo, en algunos casos, los recursos pueden en gran medida no ser utilizados de manera adecuada por problemas logísticos, acceso restringido a Internet y a los servicios de telecomunicaciones, etc. Nosotros comentamos y presentamos sobre nuestro esfuerzo y experiencias en la Universidad Nacional Autónoma de México en una nueva unidad dedicada a las teleconferencias y materiales audiovisuales. La unidad da servicio a los institutos de Geociencias, ubicados en el campus central de la UNAM y en otros estados. El uso de la videoconferencia en la educación de grado y pregrado permite a los profesores manejar material didáctico multimedia en la clase. Los cursos por videoconferencia requieren el esfuerzo de los profesores y estudiantes sin contacto físico, pero tienen acceso a multimedia y recursos como cámara de documentos, pizarrón interactivo, Internet (correo electrónico, sitios de apoyo) disponible para apoyar su exposición.

Uno de nuestros principales objetivos es proporcionar a los profesores la herramienta para que impartan sus cursos y a los alumnos facilitar su aprendizaje a través de materiales audiovisuales bien seleccionado que sean una ayuda para entender los fenómenos naturales integrados a las Ciencias de la Tierra.

Vamos a presentar el desarrollo de este proyecto en el Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra de la UNAM con algunos ejemplos.

Sesión Especial

**Caracterización,  
vulnerabilidad y riesgo a la  
contaminación de acuíferos**

Organizador:  
Jaime Herrera

SE15-1

### CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DEL USO DEL SUELO EN LA CALIDAD DE LOS SISTEMAS DE FLUJO LOCAL EN SAN LUIS POTOSÍ

Cardona Benavides Antonio, Martínez Revilla Daniel, Núñez Hernández Elías, López Álvarez Briseida y Martínez Banda Fernando

Facultad de Ingeniería, UASLP

acardona@uaslp.mx

Una parte de los sistemas de flujo locales identificados en la cuenca de San Luis Potosí, manifiestan una serie de problemas de calidad que incluyen parámetros inorgánicos, orgánicos y de microorganismos. Los problemas más serios que representan impacto antropogénico, incluyen elevada salinidad y altas concentraciones de contaminantes como el NO<sub>3</sub>, coliformes y algunos elementos traza (Mn, Ni, Co, Al, Y, Pb, Mo, Cr, Sb, Se, As, U, entre otros), características que limitan en forma determinante la utilización de este recurso hídrico para consumo humano. Se realizó un estudio del impacto del uso del suelo en la calidad del agua de los sistemas de flujo local por medio del análisis e interpretación de datos de campo, análisis de imágenes de satélite y resultados de análisis químicos de agua subterránea. De acuerdo a los resultados obtenidos se observó que los principales usos de suelo en la cuenca (urbano, industrial y agrícola), generan incrementos de elementos químicos específicos que impactan de manera negativa la calidad del agua subterránea somera. Con base en los elementos traza y sus concentraciones dentro de la zona de interés, es posible identificar, dentro de la zona contaminada, el origen del agua residual que impacta al subsuelo. Por ejemplo, la presencia de concentraciones relativamente elevadas de Mn, Ni, Co, Al, Y (entre otros), sugiere que esta región ha sido afectada por aguas residuales de origen industrial. Las condiciones oxidantes que prevalecen en el sistema, indican que la movilidad de algunos elementos sensitivos a las condiciones redox (como pueden ser el Fe y Mn) pudiera estar limitada; adicionalmente, la movilidad de elementos que forman oxi-aniones estables (Mo, Cr, Sb, As, Se, U); puede incluir restricciones que limitarían su movimiento. Adicionalmente, se identifica una movilización de Se y U a partir probablemente de la interacción del agua residual infiltrada con el material geológico, lo que incrementa las concentraciones sobre todo de U (hasta casi 0.2 mg l<sup>-1</sup>); el efecto de formación de complejos orgánicos con estos elementos puede ser el factor condicionante de esa movilización. La movilidad de elementos traza potencialmente peligrosos como algunos metales pesados, generalmente no puede explicarse por medio de mezclas conservativas ente el agua subterránea y la residual, ya que está condicionada por las condiciones redox y el pH que se desarrollan en la zona del suelo y en la zona saturada, además de los complejos que pueden formar (orgánicos e inorgánicos) con otros constituyentes presentes en las aguas residuales.

Cada uso del suelo produce incrementos en las concentraciones de elementos específicos y que pueden ser explicados por las diversas fuentes potenciales de contaminación que se asocian con cada uso del suelo. En términos generales la zona con uso de suelo agrícola manifiesta la calidad de agua más deficiente, lo que se relaciona con el gran volumen de aguas residuales que se utilizan para la irrigación de cultivos y a que la dirección del flujo subterráneo tiende a movilizar los contaminantes en el subsuelo hacia esa región.

SE15-2

### EVOLUCION DE ACUIFEROS, EN PRUEBAS DE BOMBEO: CASO DEL VALLE DEL LLANO, AGUASCALIENTES

Ortiz Pérez Manuel y Marín Stillman Luis E.

Instituto de Geofísica, UNAM

mortiz@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

El Valle del El Llano se localiza al sureste a 10 km de la ciudad de Aguascalientes, se prolonga al este y sur hacia Jalisco, es una planicie de forma irregular con una superficie aproximada de 487 Km<sup>2</sup> y pendiente hacia el suroeste con una altitud promedio de 2,040 m.s.n.m (INEGI, 1973); es bordeado por cerros y lomeríos, al oeste se une a los Valles de Aguascalientes y Chicalote. Es drenado por pequeños arroyos intermitentes, entre los que destaca el Arroyo Calvillito. Ubicado dentro de la Región Hidrológica No. 12, "Lerma-Chapala-Santiago", en la subregión Alto Santiago. Está formado por rellenos de una paleocuenca de edad terciaria, estos sedimentos están representados por arcillas y arenas de grano fino a medianos en donde se intercalan horizontes de tobas retrabajadas, calizas y bandas de sílice. Alcanzan espesores de más de 200 m (CNA, 2000). Por otra parte se considera que el basamento impermeable es de tipo metamórfico. El excesivo bombeo subterráneo en el acuífero del Llano, en especial la zona sur – oriente ha ocasionado en los niveles estáticos, un abatimiento medio anual de 0.84 m (GEA y UAA, 1972). Actualmente el acuífero del Llano es considerado zona de veda por tiempo indefinido, desde el año de 1963. Sin embargo, En el presente estudio se tienen evidencias que en la zona del valle existen un acuífero profundo poco conocido y explotado (CNA, 2000). Se identificaron dos familias de agua, una bicarbonatada cálcica de carácter local y/o intermedio y una bicarbonatada sódica de carácter regional.

SE15-3 CARTEL

### CRITERIOS AMBIENTALES Y GEOLÓGICOS BÁSICOS PARA LA PROPUESTA DE UN RELLENO SANITARIO EN ZINAPÉCUARO, MICHOACÁN, MÉXICO

Sánchez Núñez Juan Manuel<sup>1</sup>, Velázquez Serna Jessica<sup>2</sup>, Serrano Flores María Elena<sup>3</sup>, Ramírez Treviño Alfredo<sup>4</sup>, Balcazar Vázquez Alejandro<sup>3</sup> y Quintero Rodríguez Raúl<sup>5</sup>

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

<sup>2</sup> Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN

<sup>3</sup> Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, IPN

<sup>4</sup> Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, IPN

<sup>5</sup> Proyectos de Ingeniería y Medio Ambiente

jmsanchezn2004@yahoo.com.mx

El municipio de Zinapécuaro ubicado a 50 km de la ciudad de Morelia, Michoacán no esta exento de los problemas de la disposición de los residuos sólidos urbanos generados por sus 14 547 habitantes; actualmente dichos residuos se depositan en un área que no cuenta con las especificaciones técnicas de un sitio de disposición, lo que genera alteraciones al medio como son: contaminación visual y del suelo, malos olores, generación de fauna nociva y degradación del recurso hídrico, entre los más significativos. La disposición inadecuada de los residuos en el municipio de Zinapécuaro es un problema vigente que debe ser tratado con urgencia. El objetivo central del presente estudio se

enfocó a realizar una propuesta técnica básica, donde se señalan los elementos para la selección del sitio y los principios de diseño para la construcción de un relleno sanitario.

Los trabajos de investigación se basaron en la Norma Oficial Mexicana NOM 083-SEMARNAT-2003 y las Normas Técnicas Mexicanas (NMX) que marcan los lineamientos para la caracterización de los residuos generados en una comunidad. Como resultado de la aplicación de dichas normas, se determinó que la categoría del sitio de disposición final es tipo "C"; que la densidad de población del municipio para el año 2000 fue de 94 habitantes por km<sup>2</sup>, lo que se traduce en un incremento en la generación per cápita de residuos y que con base en el análisis estadístico realizado al muestreo de los residuos sólidos, se determinó que la generación promedio es de 0.62 kg/hab/día y su peso volumétrico es de 252.54 kg/m<sup>3</sup>.

Desde el punto de vista geológico, se identificaron cuatro unidades litológicas: rocas basálticas y depósitos volcanoclásticos del Terciario superior y Cuaternario; así como depósitos lacustres y aluviales del Cuaternario que coronan la secuencia litológica. Lo anterior resulta importante para conocer el peligro potencial por infiltración de lixiviados al subsuelo.

Es importante remarcar que las autoridades del municipio mostraron interés en aprovechar estructuras abandonadas de minas a cielo abierto donde eran explotados materiales pétreos para la construcción. Por lo anterior, los resultados del presente estudio mostraron que el sitio Francisco Villa cumplió con las especificaciones técnicas que marca la normatividad para un sitio tipo C, aunque resultaría conveniente realizar otros estudios de mayor detalle para complementar la presente propuesta.

SE15-4 CARTEL

### VULNERABILIDAD ACUÍFERA EN ZONAS TECTÓNICAMENTE ACTIVAS

Ramos Leal J. Alfredo<sup>1</sup>, González Blanco Sergio<sup>2</sup> y Valero Reyes Angel<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Consultor

<sup>3</sup>Comisión Nacional del Agua

jalfredo@ipicyt.edu.mx

En zonas tectónicamente activas se aplican tres técnicas de vulnerabilidad acuífera para demostrar su validez en este tipo de escenarios. Los resultados demuestran que los métodos tradicionales como el SINTACS y AVI, no reflejan la influencia de estas estructuras en la vulnerabilidad de un acuífero. Por otro lado otras técnicas isotópicas arrojaron mejores resultados y pueden ser aplicadas en otras zonas de la región central de México en donde se tiene reportado la presencia de contaminantes asociados a este tipo de estructuras.

SE15-5 CARTEL

### ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO DEL ARROYO ALAMAR, B.C. Y ACTITUD SOCIAL HACIA SU PROTECCIÓN

Gutiérrez Anima Arizbé Alexandra<sup>1 y 2</sup>, Herrera Barrientos Jaime<sup>2</sup>, Sánchez Munguía Vicente<sup>1</sup> y Peinado Héctor<sup>3</sup>

<sup>1</sup>El Colegio de la Frontera Norte, COLEF

<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

<sup>3</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

jherrer@cicese.mx

El acuífero del Arroyo Alamar es una de las dos fuentes de abastecimiento de agua subterránea con que cuenta la ciudad de Tijuana. Del subsuelo del Río Tijuana y el Arroyo Alamar se obtiene, dentro del perímetro urbano, una producción promedio mensual de 0.2 m<sup>3</sup>/s. Para asegurar la disponibilidad del agua subterránea del acuífero mencionado es necesario su protección contra la contaminación asociada a la actividad económica en la zona, por lo que, conocer la distribución de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea en el área del acuífero es un insumo necesario para establecer las políticas hacia la protección del agua del acuífero. La vulnerabilidad a la contaminación del acuífero del Arroyo Alamar se obtuvo mediante el método DRASTIC, resultando que, la porción noreste del Arroyo Alamar es la más sensible a la contaminación, la cual es la de mayor desarrollo urbano.

Respecto a la respuesta social, actitud de los residentes del área del arroyo Alamar se determinó ésta a través de encuestas evaluadas mediante la escala Likert, para ello se consideró una muestra de 110 individuos, encuestados en campo. La muestra se determinó a partir del número de viviendas con un nivel de confianza del 95% y un error en la estimación de la muestra del 9.5%. Los resultados encontrados muestran un índice Likert alto, el cual significa una actitud favorable hacia la protección del acuífero de los pobladores, por lo que, con una actitud positiva y un reconocimiento de las áreas más sensibles a la contaminación se tienen dos elementos básicos para la formulación de política hacia la protección del acuífero.

Sesión Especial

# **Biogeoquímica y contaminación marina**

Organizadores:

Carolina Ruiz

Evgueni Choumiline

Sergio Aguñiga

Ana Judith Marmolejo Rodríguez

SE16-1

### ASOCIACIONES Y ENRIQUECIMIENTO DE LOS ELEMENTOS TRAZA EN LAS PARTICULAS EN HUNDIMIENTO DE LA CUENCA ALFONSO, BAHÍA DE LA PAZ, SUR-OESTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Rodríguez Castañeda Ana Patricia<sup>1</sup>, Shumilin Evgueni<sup>1</sup>, Silverberg Norman<sup>1</sup>, Morton Bermea<sup>2</sup>, Hernández Elizabeth<sup>2</sup>, Sapozhnikov Dimitry<sup>3</sup> y Aguirre Fernando<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

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

<sup>3</sup>V.I. Vernadsky Instituto de Geoquímica y Química Analítica, Academia de Ciencias de Rusia, Moscú, Rusia

aprodri@ipn.mx

La materia particulada en hundimiento (MPH), colectada en la Cuenca Alfonso de la Bahía de La Paz por medio de una trampa sedimentaria entre enero de 2002 y noviembre de 2005, fue analizada para valorar el contenido de los elementos traza. La aplicación del Análisis de Componentes Principales mostró la existencia de cuatro asociaciones: 1) material litogénico, Al, Fe, Mn, Sc, Cs, Mn, V y lantánidos ligeros a medios (La, Ce, Nd, Sm y Tb) los cuales corresponden al aporte terrígeno de aluminosilicatos y material erosionado de rocas ácidas (granitos y volcánicos riolíticos); 2) Ni, Pb, Sb, U, y lantánidos pesados (Lu y Yb) supuestamente aportados por vía eólica como otro tipo de material terrígeno generado por intemperismo de los basaltos andesíticos y volcánicos; 3) carbono inorgánico y orgánico, calcio, Cu y Ni, producidos por el plancton calcáreo; 4) Cd, Co, Se, Corg y Sr, probablemente relacionados con la remineralización de las partículas biogénicas en la columna de agua.

El Al, Fe, Sc y algunos otros elementos de origen terrígeno mostraron menores concentraciones a finales de la primavera –inicio del verano, especialmente en el año 2002.

Los valores promedio de los factores de enriquecimiento, calculados usando el Sc como elemento normalizador, revelaron que durante estos periodos los elementos traza, principalmente los micronutrientes y elementos redox-sensibles, pueden ser presentados en las dos siguientes secuencias:

Año normal (2004)

Se(927)>Cd(41)>As(19)>Sb(17)>Cs(5.6)>Zn(3.3)>Pb(4)>

Co(3.6)>Ca(3)=Sr(3.0)>U(2.7)>Mo(2.3)>Ba(1.8)>

Mn(2.1)>Ni(1.4)>Cu(1.3)>Fe(1)=Rb(1.0)>Al(0.9)=

Cr(0.9)>V(0.7)

Año anómalo (2002)

Se(1488)>Sb(470)>As(239)>U(61)>Cd(35)>Sr(31)>Mo(26)>

Zn(15)>Pb(14)>Ca(11)>Cs(9)>Rb(6.5)>Co(4.8)>Ba(4)=

Cu(4)>Ni(3)>Cr(2.4)>Al(1.4)=Mn(1.4)>Fe(1.2)>V(1.0)

Los factores de enriquecimiento más altos de As, Cd, Mo y U fueron observados principalmente a finales de la primavera-inicio del verano de 2002, caracterizado por McPhaden (2004) como año Niño moderado. Se presume que en este periodo el agua del Océano Pacífico, empobrecida en oxígeno por debajo de los 200 m de la superficie así como en partículas terrígenas y con un aporte de especies subtropicales de fito y zooplancton, entra en mayor cantidad a la Bahía de La Paz. Los vientos predominantes en este periodo cambian su dirección nor-occidental a sur-oriental, con una disminución en

la contribución atmosférica de los aerosoles continentales. Si esto de verdad ocurre, la zona de oxígeno mínimo se fortalece en la Cuenca Alfonso, disminuyendo la tasa de remineralización de las partículas biogénicas formadas en la capa superficial del agua y asimismo se favorece la reducción de los elementos redox-sensibles Mo y U, los cuales pueden ser capturados fácilmente en su estado de oxidación (+4) por las partículas y ser transportados hacia al fondo marino.

SE16-2

### ITRIO Y TORIO EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA RÍA DE VIGO, GALICIA, ESPAÑA

Marmolejo Rodríguez Ana Judith<sup>1</sup> y<sup>2</sup>, Prego Ricardo<sup>2</sup>, Vale Carlos<sup>3</sup> y Caetano Miguel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Marinas, Consejo Superior de la Investigación Científica

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Recursos Biológicos, IPIMAR

amarmole@ipn.mx

Se analizaron cincuenta muestras de sedimento superficial en la Ría de Vigo, con el fin de estudiar la abundancia y distribución de los elementos itrio (Y) y torio (Th); así como también relacionar sus asociaciones elementales con formaciones geológicas de la cuenca hidrológica. Por sus características, la ría puede dividirse en 3 zonas: la interna (presenta condiciones estuáricas por tener aportes importantes de agua dulce), la zona media (recibe mayor influencia antropogénica) y la externa (está más expuesta a interactuar con el océano Atlántico). Las máximas concentraciones en los niveles de Y se encontraron en el margen sureste de la zona media de la ría lo cual puede ser en parte, debido a la erosión del complejo del Galiñeiro, el cual está a 15 Km sur de la ría y contiene minerales enriquecidos en elementos de las tierras raras (Monacita, bastnasita, parisita) y minerales de Y y Th (itrialita y torita respectivamente). A partir de esta zona, se observa una dilución de Y, debido a la alta tasa de sedimentación en la parte interna de la ría y en el caso de la parte externa, la disminución de estos elementos puede deberse a la presencia de altas concentraciones de calcio. Los niveles de torio y su asociación con Fe, Sc, Ca y Carbono Orgánico Particulado (COP), se midieron con el fin de conocer la influencia de las altas concentraciones de Th en los gneises radioactivos del complejo del Galiñeiro. El valor de fondo de Th en el sedimento de la ría es dos veces mayor que el valor promedio de la corteza terrestre. Aunque también se observó acumulación de Th en la mitad de la ría, su distribución espacial fue diferente a la de Y. La buena relación entre Th y Fe en los diferentes ambientes sedimentarios de la ría, muestra que el Th puede estar asociado con el ciclo del Fe a través del atrapamiento por oxi-hidróxidos de Fe en las tres zonas de la ría.

SE16-3

**EVALUACIÓN GEOQUÍMICA Y SEDIMENTOLÓGICA  
EN ÁREAS DE PESCA DE ARRASTRE DE FONDO  
EN EL GOLFO DE CALIFORNIA: CONTRASTE  
ENTRE ÁREAS PRÍSTINAS E IMPACTADAS**

Aguíñiga García Sergio<sup>1</sup>, Sánchez González Alberto<sup>1</sup>,  
Lluch Daniel<sup>1</sup>, Camalich Carpizo Jaime<sup>1</sup>, Ponce Díaz  
Germán<sup>1</sup>, Del Monte Luna Pablo<sup>1</sup> y Carriquiry José<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

saguini@ipn.mx; saguini@gmail.com

Se estima que la pesquería del camarón puede tener un efecto importante en la estructura, función y organización de los ecosistemas. No obstante, la identificación del impacto de la pesca de arrastre sobre el fondo marino se ha enfocado a evaluaciones de sucesiones en las comunidades bentónicas.

Este estudio desarrollado en el Alto Golfo de California y costas de Sonora y Sinaloa, tiene como objetivo determinar y contrastar las características sedimentarias (tamaño de grano #) y geoquímicas (d-15N, d-13C, CaCO<sub>3</sub>, carbono y nitrógeno orgánico y la razón C/N) del material orgánico sedimentario entre áreas de arrastre intensivo (zonas impactadas) y de no arrastre (zonas prístinas, definidas como "pegazones").

El análisis de varianza del tamaño de grano medio (#) indicó diferencias estadísticamente significativas entre sitios de arrastre  $4 \pm 2.0$  (#) y no arrastre  $6 \pm 3$  (#). Sorprendentemente, los datos geoquímicos evaluados, no mostraron diferencias significativas entre zonas prístinas e impactadas. El análisis del estadístico multivariado de grupo, en modo Q (contraste entre estaciones) mostró que en el Golfo de California, no existe una distribución espacial que indique una agrupación preferencial por ningún tipo de variable sedimentológica y geoquímica en ambas áreas estudiadas. Además, como parte de este estudio, se contrastaron valores de d-15N y d-13C de material orgánico sedimentario de 1995 vs. 2006 para zonas específicas (incluidas arrastre y no arrastre) del Alto Golfo de California y no se encontraron diferencias estadísticas en ésta escala temporal. Estos resultados sugieren que el transporte de materiales y energía regularían, de manera similar en ambas zonas, los procesos biogeoquímicos que determinan los intervalos de estas variables y que no las hace estadísticamente diferentes. Aparentemente el ecosistema bajo el efecto de la pesca de arrastre de fondo en el Golfo de California es capaz de absorber este impacto.

SE16-4

**GEOCRONOLOGÍAS CON 210PB PARA  
LA RECONSTRUCCIÓN DE LA HISTORIA  
DE LA CONTAMINACIÓN MARINA DEBIDA  
A ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN  
CONTINENTE: POTENCIALES Y LIMITACIONES**

Ruiz Fernández Ana Carolina

*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*

caro@ola.icmyl.unam.mx

La alteración del ambiente debido al desarrollo urbano, la construcción de carreteras y las prácticas agrícolas tienen como consecuencia el incremento en el suministro de sedimentos y contaminantes a los cuerpos de agua costeros. Las

concentraciones de nutrientes y metales pesados, así como la composición isotópica de C y N en sedimentos, en conjunto con las geocronologías de <sup>210</sup>Pb obtenidas de registros sedimentarios de cuerpos de agua costeros someros, han sido utilizadas para reconstruir la historia de los cambios ambientales y la contaminación de ecosistemas estuarinos y marinos, en los estados de Sinaloa, Oaxaca y Veracruz, México. Se pretende discutir en particular la dificultad de obtener registros sedimentarios confiables en tales ambientes tan activos y complejos. Si bien los sedimentos costeros pueden considerarse generalmente como un sumidero para la mayoría de los contaminantes, algunos de los registros incluidos en esta revisión ilustran situaciones donde la resuspensión y la bioperturbación, debidas a eventos climáticos extremos, pueden conducir a la destrucción de registro sedimentario, pero también a la potencial removilización de contaminantes.

Sesión Especial

# **Ciencias de la tierra y sociedad**

Organizadores:

Jesús Martínez

Ramiro Rodríguez



SE17-1

**INTERNATIONAL YEAR OF PLANET EARTH**

Urrutia Fucugauchi Jaime  
 Comité Nacional Planeta Tierra, IYPE  
 juf@geofisica.unam.mx

The International Year of Planet Earth (IYPE) started as a joint initiative by UNESCO and IUGS with the participation of several geosciences organizations, and developed into a major program in geosciences with the inclusion and participation of national committees. In this presentation we focus on current activities and plans in our country, and participation in the international activities. The Mexican community has been a part of the international programs starting with the International Geophysical Year and continuing through its participation in the Upper Mantle, Geodynamics and Lithosphere Projects. IYPE activities this year have concentrated in publications and organization of conferences and meetings. A book series on Earth Science Experiments for Children has been defined, with the first books published. Books are distributed to school children, with 10,000 copies of each given free. Publications include articles in science magazines and special issues of 'El Faro'. Special events include Conference of IYPE Executive Director on the IYPE initiative presented during the International Day of Science Museums in May 2007 in the Museum Universum. This was followed by a 'Planet Earth' Week. In May 2007 we had the AGU Joint Assembly, with strong international participation from USA, Canada, Europe, Latin America and elsewhere. In February 2008, we had the Opening Ceremonies in UNESCO, Paris, and in parallel in other countries, including Mexico. Several congresses have included IYPE in the program. Number of institutions from different parts of the country participating in IYPE has increased. The Latin America Launching Ceremony took place in Brazil, with strong participation from the Board and national committees. Current plans include an electronic open-access publication, additional publications of Planet Earth series, articles and special issues in journals and magazines, and events on selected themes from the IYPE science program, particularly Megacities, Hazards, Resources and Life. Involvement in international activities includes translation into Spanish of IYPE publications and participation in joint programs. Plans in Mexico include edition of commemorative stamps and coins, and special graphics and artistic materials. In addition, IYPE should result in initiatives for enhancing international cooperation and to ensure increased effective use of geosciences by society.

SE17-2

**I TALLER DE PELIGROS NATURALES PARA COMUNICADORES: HACIA UNA CULTURA DE LA INFORMACIÓN EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

García Jiménez Daniel, Pérez Campos Xyoli y Valdés González Carlos  
 Instituto de Geofísica, UNAM  
 danielg@geofisica.unam.mx

En el otoño de 2008 tendrá lugar el I Taller de Peligros Naturales para Comunicadores. Este Taller constituye un esfuerzo conjunto de investigadores de diversas instituciones nacionales para dotar a los medios de comunicación y comunicadores en general de las herramientas necesarias para informar eficaz y oportunamente a la sociedad sobre los peligros naturales, tan presentes en todo nuestro territorio.

El Taller está estructurado en tres bloques: una introducción; un bloque principal donde se ofrecerán los rudimentos necesarios para entender los diferentes peligros geológicos e hidrometeorológicos, los parámetros que los caracterizan y la información clave que debe aportar un comunicador a la hora de informar sobre cada uno de ellos; y un bloque práctico en el que los participantes serán evaluados mediante trabajos en grupo sobre casos reales.

En el desarrollo del Taller intervendrán tanto investigadores expertos en cada tema como especialistas en comunicación científica. El Taller se impartirá tanto presencialmente, en el Instituto de Geofísica de la Ciudad Universitaria, México D.F., como remotamente a través de internet o videoconferencia.

SE17-3

**GEOÉTICA: UNA APRECIACIÓN FILOSÓFICA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA**

García Amador Bernardo<sup>1</sup> y Abraham Ríos José<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Invisibiliorum Angelopolitana Universitas

apeironbiga@hotmail.com

La geoética nace como necesidad de la relación del hombre y la tierra, tomando raíces con severo equilibrio en las Ciencias de la Tierra. Toda voluntad que no está relacionada con la libertad no es llamada ética; como Humberto Eco dice "cuando el otro entra en escena, nace la ética". La Geoética como tal, adquiere un valor profundo basado en el conocimiento "geocientífico" la comprensión del rumbo que adquiere este neologismo, es una interacción más allá de la convicción del comportamiento terrestre actual para lograr una acción apoyada en la razón y confirmada de manera filosófica. El panorama que refiere a este conocimiento determina el promover el bien común y el progreso.

Este trabajo pretende mostrar la importancia de la Geoética en el desarrollo profesional de quienes se dedican a la aplicación de las ciencias de la tierra y su impacto en el equilibrio de su entorno.

Las bases para generar este desarrollo como una vertiente de la ética es tomada como Aristóteles dice "Todo arte, toda investigación... es de presumir tiende a un bien...", de aquí que la aplicación de las geociencias sea una respuesta ambiental, ya que el contenido de éstas marca una pauta para el bienestar del planeta. Es importante tomar en cuenta que la superación de este avance no es posible sólo con las ciencias de la tierra, sino también, con una cobertura multidisciplinaria; sin embargo, el mayor impulso es aquel que damos como profesionales en el área; como ejemplo, es el caso donde estudiantes son irresponsables ante la vocación de geociencias, ya que no responden a las preguntas de la tierra. Es menester la existencia de elementos que deben ser tomados como un equilibrio racional, para así poder ayudar con valoración social.

Es un punto clave, la comprensión de aplicaciones flexibles y virtuosas para una respuesta, un fin como tal del bien, sin brincar a un moralismo tenue, se toma un marco como un fluir de la moral global, pensamiento que identifica la interacción de la esencia del hombre con la del medio. Conviviendo y coevolucionando, como dice la etimología de ecología la cual es "oikos" (casa, hogar), adquirimos el papel en la obra como habitantes, empero, habitantes con equilibrio racional de la maquinación científica de nuestro momento. Toda la inercia de las fallas ecológicas son fallas de la geoética.

La marcha continúa y continuará, mientras tanto el pensamiento de las Ciencias de la Tierra trasciende conforme a sus actos y sensaciones que se comparten entrelazándose con la vida y el mundo. Esta reacción del impulso esencial del planeta es una importancia de nuestro interés y saber. Parodiando a Humberto Eco es de mencionar que “cuando entra en mi sistema vital la Madre Tierra, nace la Geoética”.

SE17-4

### CIENCIA, MEDIOS DE COMUNICACIÓN Y SOCIEDAD

Martínez Gómez Jesús Daniel  
*Instituto de Geofísica, UNAM*  
 boletin@geofisica.unam.mx

La presencia de los especialistas en Ciencias de la Tierra en los medios de comunicación ha contribuido de manera importante para que los temas referentes a esta disciplina permeen hacia la sociedad. Esto ha contribuido para convencer, de manera más fácil, a las autoridades y gobiernos de la importancia de establecer vínculos con estos especialistas para tener acceso a información fundamental para la toma de decisiones.

De ahí que una tarea que debemos cuidar y fortalecer en el ámbito de las geociencias es la promoción de la comunicación en todas sus formas, estilos y espacios para difundir hacia la sociedad en general los conocimientos generados en las instituciones que trabajan temas de Ciencias de la Tierra. Lo anterior, posibilitará una mejor comprensión del funcionamiento de nuestro planeta y en consecuencia un desarrollo armónico, sustentable y seguro de nuestra región.

Las tareas del Instituto de Geofísica de la UNAM ( IGEF ) han considerado siempre una importante vinculación con la sociedad, mediante la difusión y divulgación a través de los medios de comunicación de los fenómenos geológico-geofísicos que ocurren en nuestro país.

Complementariamente a la realización de estas actividades tendientes al fomento de las Ciencias de la Tierra en sus diversas vertientes, a través de medios de comunicación impresos de circulación nacional, así como de los electrónicos y multimedios, hace falta que los conocimientos y proyectos de investigación que actualmente se trabajan en el IGEF permeen hacia núcleos específicos de la población, por lo que uno de los retos es el empleo de la creatividad e imaginación para que esto se logre con medios alternativos y de costo medio.

Una de las propuestas esta orientada a la utilización de medios impresos de gran formato y de colocación estratégica en puntos de recurrencia masiva, con informacion a nivel divulgación de temas concernientes a las Ciencias de la Tierra para su colocación en parques, alamedas, museos, casas de cultura, centros sociales de barrio y parabuses.

Estos medios de comunicación no requieren de una infraestructura complicada y su colocación en sitios públicos de libre acceso garantizan un buen impacto en sectores populares.

SE17-5

### PROYECTO DE CREACIÓN DE UN MUSEO DE DESASTRES DE ORIGEN GEOFÍSICO Y GEOLÓGICO

Mena Jara Manuel<sup>1</sup>, Valdés Galicia José Francisco<sup>1</sup>,  
 Suárez Reynoso Gerardo<sup>1</sup>, Orozco Orozco Esther<sup>2</sup>,  
 Pérez Muñoz Abelardo<sup>3</sup> y Armendariz Sánchez Saul<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal*

<sup>3</sup>*Facultad de Arquitectura, UNAM*

mena@geofisica.unam.mx

La Estación Sismológica Central de Tacubaya (ESCT), se empezó a construir a partir de septiembre de 1908, y fue inaugurada como parte de las fiestas del centenario, el 5 de septiembre de 1910. Consta del edificio que servía como oficina y dos pabellones construidos ex profeso para albergar una colección de sismógrafos, que constituyen probablemente, el sistema americano que ha operado durante mas tiempo en forma continua.

Es indudable que la ESCT es un elemento valioso de la Ciudad, de la Universidad y de la Historia de la Ciencia en México. Su rescate y puesta a disposición de los universitarios en particular y de la sociedad en general debe inscribirse dentro del rescate patrimonial y cultural de la ciudad y del país.

Considerando que el periodo de recurrencia de los desastres de carácter geofísico, al rebasar el tiempo entre generaciones, acarrea el olvido de sus causas y sobre todo de sus consecuencias sociales, relajando la conciencia social de la protección civil, como primer objetivo hemos pensado transformar la antigua estación sismológica en un espacio cultural de usos múltiples. En este podrían coexistir tanto un “museo vivo” como salas de exposición y cursos o conferencias. Esto significaría, convertirlo en un espacio en el que pudiéramos recordar, de una manera interesante, la vulnerabilidad de esta ciudad en particular y del país en general, a fenómenos de tipo sísmico volcánico o geológico. Asimismo, se podrá proporcionar a los expertos un lugar ideal para organizar diplomados, congresos o intercambio de opiniones sobre la naturaleza de los desastres y las técnicas de mitigación de los mismos.

El segundo objetivo del rescate de la ESCT sería el de salvaguardar el acervo sismológico acumulado a lo largo de 100 años. Este material consiste de registros sísmicos sobre papel ahumado protegidos con laca, lo que lo convierte en un material bastante frágil. Esta colección aun no presenta problemas graves de integridad física, por lo que es posible su rescate, a través de la creación de una Sismoteca donde esta información pueda ser debidamente catalogada y conservada de forma digital para tener un resguardo electrónico. Debido a lo anterior es imperioso que se traslade a un lugar en el cual sea posible mantener las condiciones de temperatura y humedad controladas. Aunado a esto se contempla el rescate del archivo histórico de la ESCT.

SE17-6

### EXPERTOS INVITADOS EN PAPALOTE, UNA ALTERNATIVA DE PARTICIPACIÓN DE INVESTIGADORES EN CIENCIA DE TIERRA EN EL FOMENTO Y DIVULGACIÓN DE LAS CIENCIAS

Islas Herrera Mario, González Escársega  
José Luis y Juárez Hernández Nazarely

*Papalote Museo del Niño*

mario.islas@papalote.org.mx

La propuesta que estamos poniendo a consideración del comité organizador es la presentación del programa "Experto Invitado" en Papalote "Museo del Niño".

Los espacios de educación no formal, en particular los museos, deben considerar distintas formas de divulgación de las ciencias según sea el espacio y el objetivo.

La Dirección General Adjunta de Programas Educativos de Papalote Museo del Niño, considera como objetivo primordial el fomentar vocaciones científicas, por lo que a partir del 2007 y teniendo las experiencias de la semanas nacionales de la ciencia y del programa "Artista invitado", diseñamos un programa para acercar a la población infantil con científicos o divulgadores de la ciencia. Este contacto se realiza en "episodios" es decir en el interior del museo, en exhibiciones claves, por lo que la comunicación con el visitante es prácticamente personal. Uno de los fines que se ha alcanzado con este programa es mostrar que los investigadores están presentes en nuestra sociedad, que son padres, tíos, hermanos mayores, vecinos, etc.; para eliminar la idea en los visitantes, del cliché del científico aislado en su laboratorio.

SE17-7

### AUDIOVISUALES PARA DOCENCIA Y DIVULGACIÓN EN EL CONTEXTO DEL AÑO INTERNACIONAL DEL PLANETA TIERRA

Aguilar Sierra Alejandro<sup>1</sup>, Cortina Urrutia Lucila Margarita<sup>2</sup>,  
Soler Arechalde Ana M.<sup>2</sup> y Ballesteros Montellano Marisol<sup>3</sup>

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

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

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

algsierra@gmail.com

Como se indica en la descripción de la sesión especial de Ciencias de la Tierra y Sociedad, queremos exponer nuestras experiencias de comunicación y divulgación haciendo uso de la tecnología multimedia en el Año Internacional del Planeta Tierra. La proclamación de los años temáticos por la Organización de las Naciones Unidas, entre ellos: Año de los Desiertos y desertificación, Año de los Océanos, Año de la Física, El Año Heliosférico, en los que participan los países miembros de la ONU, contribuye de manera importante a transmitir conocimientos temáticos a la sociedad, de las tareas a las que se dedican los científicos del área de Ciencias de la Tierra, así como a sus contribuciones en las problemáticas de su entorno.

El 2008 fue proclamado como el Año Internacional del Planeta Tierra AIPT. De ahí que nosotros presentemos nuestra propuesta, experiencia y esfuerzo en la Universidad Nacional Autónoma de México, con la colaboración de los Institutos y Centros

relacionados con las Geociencias que contribuya a mostrar al ciudadano no especializado la necesidad de entender nuestro planeta para el desarrollo de una sociedad más segura, sana y próspera.

Vamos a presentar ejemplos de los proyectos que se están desarrollando este año en la Comisión de Medios Audiovisuales del Comité Mexicano del AIPT.

SE17-8

### LA RESPONSABILIDAD SOCIAL DE COMUNICAR RESULTADOS DE INVESTIGACIONES SOBRE RIESGOS GEOLOGICOS E HIDROGEOLOGICOS

Rodríguez Castillo Ramiro<sup>1</sup> y Rodríguez Velazquez Isaias<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>GAVE

ramiro@geofisica.unam.mx

Existe una variedad de fenómenos geológicos que dan lugar a riesgos para poblaciones vulnerables. Derrumbes de laderas, sismos, erupciones volcánicas, fallas tectónicas y por subsidencia son fenómenos que afectan a poblaciones localizadas en las inmediaciones de los sitios donde ocurren.

La subsidencia, hundimientos diferenciales del terreno esta relacionada directamente con regimenes de extracción en áreas donde los sistemas acuíferos están constituidos por materiales plásticos, deformables como arcillas o capas de sedimentos finos. Se le puede entonces considerar como un proceso inducido antropogénicamente.

Las investigaciones sobre la ocurrencia de tales procesos y de los parámetros o elementos que los controlan proporcionan, además, criterios para amortiguar sus efectos adversos. Un sismo o un evento volcánico no se pueden predecir ni evitar, pero sitios donde deslizamientos de laderas pueden ocurrir es posible mapearlos y tomar medidas preventivas.

La relación entre extracción y subsidencia es conocida, pueden determinarse zonas en donde el fenómeno puede ocurrir, pero a la fecha no es posible fehacientemente predecir su ocurrencia o magnitud.

Las investigaciones sobre los riesgos asociados a los procesos descritos permiten conocer más sobre su fenomenología y parametrización, lo que eventualmente producirá conocimientos sobre sus afectaciones potenciales y su prevención y mitigación.

Los resultados de investigaciones son publicados en revistas indexadas de difícil acceso no solo para las autoridades relacionadas también para las poblaciones potencialmente afectables. Se comunican en eventos donde la comunidad científica los analiza, critica y avala. Eventos los cuales la media no cubre o solo escuetamente las inauguraciones o clausuras donde asisten personalidades políticas locales y/o regionales.

Experiencias derivadas de investigaciones llevadas a cabo en El Bajío Guanajuatense llevan a proponer que la presentación de resultados científicos de manera sencilla inicialmente a las autoridades involucradas y posteriormente a manera de seminarios a estudiantes de educación media y superior.

Dependiendo del impacto social que puedan tener los resultados encontrados su comunicación a la población debe realizarse de común acuerdo con las autoridades locales y regionales.

SE17-9

## ¿CÓMO REACCIONAN LOS MEXICANOS ANTE LA PREDICCIÓN SÍSMICA? EJEMPLOS Y CONSECUENCIAS.

Valdés González Carlos, Franco Sánchez Sara Ivonne, Cárdenas Monroy Caridad, Quezada Reyes Aída y Iglesias Arturo

*Instituto de Geofísica, UNAM*

carlosv@ollin.igeofcu.unam.mx

El 13 de mayo del 2007, a las 00:42 hrs, ocurrió un sismo de magnitud 6.3, localizado a 65 km al Noroeste de Acapulco y a 300 Km de la Ciudad de México. Seis días después, el 19 de mayo, ocurrió una réplica de magnitud 5.2. Ninguno de estos dos sismos provocaron mayores daños ni víctimas. El día 13 de mayo, la página electrónica del Servicio Sismológico Nacional (SSN [www.ssn.unam.mx](http://www.ssn.unam.mx)), fue visitada por 1'032,970 de personas. El día 15 de mayo, comenzó a circular por internet, un correo electrónico que hacía alusión a unas personas en una librería diciendo: "Silvia en abril va a haber un temblor fuerte, no va a pasar nada grave pero va a estar fuerte", y que citaban a un chaman maya como la fuente de dicha información y la predicción del sismo, para el día 25 de mayo del 2007, sin establecer ni magnitud, ni localización epicentral. Todo parece indicar que a partir de este correo, y siendo el correo electrónico una fuente muy poderosa de transferencia de información, se llegó a crear un situación alarmante con respecto a la predicción. El día 27 de abril, el sitio de internet del SSN, fue visitado por 1'249,994 personas, bloqueando cualquier movimiento en nuestros servidores, al igual que el de las líneas telefónicas no sólo del SSN, sino también del Instituto de Geofísica (IG), solicitando información sobre la presunta predicción. Los tres días siguientes, nuestra página fue visitada: 1'248,839, 1'089,324, y 1'108,628 veces. Tuvimos reportes, no confirmados, de que en algunas escuelas del Estado de México, los padres de familia fueron a recoger a sus hijos por la presunta "inminencia del sismo". Varios medios de comunicación solicitaron entrevistas, a lo que respondimos que tales predicciones sísmicas son infundadas y que dar entrevistas sólo aumentaría la preocupación de la gente. El día 25 de mayo pasó sin ningún sismo importante y sin que tampoco se llamara a cuentas al chaman maya.

Predicciones sísmicas como la comentada, han causado daños económicos importantes en Perú en 1980 y en los Estados Unidos, en New Madrid, en diciembre de 1990, y la de California en 2004, hecha por un científico, sin que en ninguna de ellas ocurriera el sismo predicho.

Es importante considerar, dentro de los aspectos de prevención ante sismos, el conocimiento sobre las predicciones sísmicas y las consecuencias, que pueden ser graves, ante la creencia de que los sismos pueden anticipados por ciertas personas. Hoy por hoy la mejor herramienta para mitigar los desastres sísmicos, es el conocimiento del fenómeno sísmico y las medidas preventivas que podemos tomar ante ellos.

SE17-10

## ESTUDIO DEL IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE UN SISMO EN PUEBLA

Sandoval García Yazmin Yolanda, Jiménez Barroso Janet, Posada Sánchez Ana Elena y González Pomposo Guillermo Jorge

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

yaz\_saga@hotmail.com

La ciudad de Puebla históricamente se ha visto afectada por doce sismos de magnitud mayor a 6.5, que provocaron la destrucción de gran parte de la infraestructura de la ciudad, como lo fue el sismo ocurrido el 15 de junio de 1999. Normalmente los planes de protección o de mitigación de las instalaciones del sector público y las viviendas frente a desastres, prevé la seguridad de las personas y no tanto de las instalaciones o de la operatividad de los servicios públicos encargados para la protección. Por este motivo al momento de que ocurra un sismo su impacto no solo se notara por el número de defunciones o la pérdida de infraestructura sino también tendrá una repercusión en los efectos macroeconómicos como son: el crecimiento económico; desequilibrios en la balanza de pagos, incremento del gasto público, la inflación, disminución de las reservas internacionales, agravación de las desigualdades del ingreso en las familias y los costos del aislamiento de determinadas regiones agrícolas. En este trabajo se pretende cubrir los siguientes objetivos: Realización de un estudio del comportamiento financiero-económico del municipio de Puebla; Determinar el costo beneficio para la evaluación de la rentabilidad a largo plazo; Obtención de datos de costo de demolición, costo de obras, costo de reparación y reposición para la mancha urbana. Se conoce que los daños ocasionado por sismos son apoyados por el gobierno federal a través de programas como son: FONDEN (Fondo de Desastres ), subsidios con el ramo 23 donde se aplican principalmente para el mejoramiento y reconstrucción de la infraestructura mediante programas de salud, vivienda y educación, ejercicio fiscal de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, sin olvidar la participación de diferentes organismos de apoyo como los son el Fondo Monetario Internacional, el Banco Interamericano de Desarrollo y la ONU. Por ello es importante considerar el comportamiento de las pólizas de seguros contra desastres especialmente la integración del "bono catastrófico" que el CENAPRED y la Secretaría de Hacienda; contarán las autoridades con recursos para atender las insuficiencias presupuestarias. Además la planeación y protección financiera para solventar los desastre con un análisis de costo y beneficio para la evaluación de la rentabilidad a largo plazo determinando las medidas económicas-financieras para la mitigación y prevención que el municipio debería tomar en cuenta para disminuir elevados gastos para cualquier emergencia rehabilitando las construcciones. Lo anterior se aplica en este trabajo para observar y analizar el comportamiento económico en el municipio de Puebla y utilizando como ejemplo el sismo de Tehuacan (15 de junio de 1999) donde el Carolino y la Facultad de Medicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) fueron afectadas en su infraestructura y se realiza un análisis de los costos para la recuperación de la construcción

SE17-11

## CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA. IMPLICACIONES SOCIALES

Hernández Hernández Héctor y Rodríguez Castillo Ramiro

*Instituto de Geofísica, UNAM*

hectorhhh@gmail.com

La ciudad de Salamanca se ubica dentro del valle de Irapuato – Valle de Santiago. Este Valle se ubica geográficamente en la porción sur oriental del Estado de Guanajuato. Salamanca cuenta con aproximadamente 283 623 habitantes los cuales dependen únicamente del agua subterránea para cubrir sus necesidades de este recurso al no existir fuentes alternas de agua, ya que en su mayoría los cuerpos de agua se encuentran contaminados debido a las descargas industriales y municipales. Se sabe que desde 1998 se han reportado concentraciones considerables de metales, como vanadio y arsénico (V y As) entre otros, además de presencia de hidrocarburos en pozos de agua en la ciudad de Salamanca. En la actualidad Salamanca cuenta con aproximadamente 30 pozos activos que abastecen a la población, en los cuales se han llegado a determinar concentraciones de V y As de hasta 0.101 y 0.062 mg/L respectivamente, que son concentraciones considerablemente altas para el consumo de agua potable, como se observa en el caso del As que esta 2.48 veces por encima de los límites permisibles según la Norma Oficial Mexicana y 6.2 veces de la norma internacional (WHO).

Se encontró que las concentraciones de los metales han variado con respecto al tiempo, además que las condiciones climáticas tienen una fuerte influencia en la concentración de los metales. Fue posible determinar que en época de estiaje las concentraciones de V encontradas en el agua subterránea fueron mayores hasta 1.5 veces que en época de lluvias. En el caso del As se encontró que las concentraciones no sufrieron variaciones considerables, manteniéndose prácticamente constante tanto en época de estiaje como de lluvias.

Se determinó que las más altas concentraciones de As y V, presentaron una asociación con los conos de abatimiento, lo que indica que la dinámica del acuífero tiene una fuerte influencia en la distribución de los metales. Se ha observado que las fuentes potenciales de los metales son diversas; entre las que se encuentran la quema de combustóleo de las empresas más importantes de Salamanca, la Refinería de Pemex y la Termoeléctrica de CFE, que emiten grandes cantidades de partículas a la atmósfera con concentraciones de metales como el vanadio y los relacionados a la quema de hidrocarburos como el Pb, Ni entre otros, además que en la zona aún se tienen importantes áreas de cultivo donde se utilizan fertilizantes y pesticidas. También existe el probable aporte de estos metales de forma natural por la geología del sitio.

Cabe destacar que las altas concentraciones de metales encontradas en el agua subterránea son un peligro latente para la población ya que donde se encuentran las más altas concentraciones de As son los sitios más densamente poblados, además que existe un grave desconocimiento de parte de las autoridades y de la población de la ciudad de Salamanca sobre las consecuencias de beber agua con concentraciones altas de As, lo que hace que exista un riesgo a mediano y largo plazo en la salud de los habitantes de la ciudad.

SE17-12

## LA DESALINIZACIÓN DE AGUAS MARINAS Y SUBTERRÁNEAS SALOBRES COMO OPCIÓN TECNOLÓGICA PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN CUENCAS CON STRESS HÍDRICO; UN CORTOMETRAJE DE SENSIBILIZACIÓN SOCIAL PARA OPTIMIZAR LA SUSTENTABILIDAD REGIONAL

González Enríquez Rodrigo, Dévora Isordia Germán  
Eduardo, Torres Morán Lilia Elisa y González Bolón Francisco

*Instituto Tecnológico de Sonora*

rglez@itson.mx

Para enfrentar los problemas por desabasto de agua ante la creciente demanda de la población por contar con el vital líquido, se desarrolló un documental que refleja mediante imágenes reales, experiencias académicas y entrevistas con expertos en el tema, el valor esencial del agua como elemento estratégico para solucionar las necesidades sociales básicas de la población e impulsar el desarrollo sustentable.

Este documental es una herramienta estratégica de comunicación y divulgación masiva, cuyo objetivo es mostrar a la sociedad opciones tecnológicas para disponer de agua dulce en zonas donde es insuficiente, pero existan aguas oceánicas y salobres que mediante procesos de desalinización permiten resolver los problemas generados por el desabasto de agua y reducir la presión que ejercen los usuarios sobre éste recurso.

Otro objetivo es coadyuvar al manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos, considerando entre otras estrategias, la orientación social sobre el uso adecuado de este recurso, de acuerdo a su disponibilidad y dar prioridad a acciones que propicien la reducción de la demanda. Así como la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento, como las aguas marinas y salobres que al desalinizarlas incrementan la disponibilidad de agua dulce, pero también minimizando riesgos ambientales.

El documental inicia mostrando un panorama crítico de la realidad imperante que se refleja como un freno al desarrollo regional provocado por la falta de agua dulce en las zonas costeras de México, especialmente en las zonas áridas del noroeste mexicano.

La parte central contiene el desarrollo, diseño y construcción de tres prototipos móviles basados en procesos tecnológicos para desalinización de aguas marinas y salobres, los cuales son: Osmosis Inversa, Electrodiálisis Reversible y un Destilador Solar. Dichos procesos se muestran operando de forma independiente y combinada y se acoplan al uso parcial o total de fuentes de energía renovable para estimular la reducción del uso de combustibles fósiles y con ello impulsar acciones de control al calentamiento global.

Al final el documental trata sobre la sustentabilidad de las plantas desalinizadoras, mostrando la biodiversidad de ambientes marinos del mar de Cortés y del Caribe Mexicano, donde existen descargas de salmueras emitidas por plantas desalinizadoras del país, además de la ejecución de estudios rigurosos de evaluación de impacto ambiental que incluyen la realización de bioensayos toxicológicos a nivel laboratorio con el propósito de evitar afectaciones en flora y fauna por la alta concentración salina que contienen las salmueras que éstas plantas desechan al mar. Los bioensayos se realizaron con gametos de Erizo Morado (*Strongylocentrotus purpuratus*) y Huevecillos de Camarón Blanco (*Penaeus vannamei*) con el fin de determinar la concentración letal media (CL50) y los índices de salinidad en los cuales se manifiestan efectos negativos

en la fertilidad, desarrollo embrionario y productividad de estas especies.

Se concluye que el documental logra invitar a la reflexión sobre el valor que tiene el agua para alcanzar el desarrollo regional sustentable, presenta la opción de fuentes no convencionales de abasto de agua y energía, y promueve el uso de tecnologías más limpias y amigables con el medio natural.

SE17-13

**ALCANCES Y LÍMITES DE LOS COMITÉS TÉCNICOS DE AGUAS (COTAS) COMO ASOCIACIONES CIVILES PARA AMORTIGUAR LOS PROBLEMAS DE ABATIMIENTO Y CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS: CASO COTAS IRAPUATO-VALLE DE SANTIAGO**

Hernández Hernández Héctor y Rodríguez Castillo Ramiro

*Instituto de Geofísica, UNAM*

hectorhhh@gmail.com

Los comités técnicos de agua subterránea (Cotas) según la Comisión Nacional del Agua (CNA) son organizaciones auxiliares de los consejos de cuenca, formados esencialmente por los usuarios de las aguas subterráneas, por los representantes de la sociedad organizada y por los representantes gubernamentales (que no tienen más que un papel de asistencia técnica y de consejo); teóricamente pueden proponer la planeación hidráulica local y estatal, implementar la vigilancia del cumplimiento de reglamentos, promover el uso eficiente del agua, revertir los problemas de contaminación y, difundir la cultura del agua, entre otros. En toda la República Mexicana se encuentran repartidos 69 COTAS de los cuales 14 se encuentran en el estado de Guanajuato.

El objetivo principal de los COTAS según la CONAGUA es el coadyuvar en la formulación y ejecución de programas y acciones que permitan la ESTABILIZACIÓN, RECUPERACIÓN Y PRESERVACIÓN de los acuíferos sobreexplotados y PREVENIR la sobreexplotación de aquellos que aún se encuentran en equilibrio o cuentan con recargas mayores a sus extracciones. Lo cual en su gran mayoría no ha sido posible de llevar a cabo debido que existe una gran dependencia por el recurso hídrico subterráneo ya que no se cuenta con fuentes alternas de agua, como podrían ser ríos o lagos, y los que existen se encuentran considerablemente dañados por efectos de la contaminación. Se conoce además que en la actualidad los acuíferos se encuentran en un gran riesgo de perderse debido a la extensiva sobre explotación así como a la contaminación que ya presentan, encontrándose en muchos pozos concentraciones altas de metales pesados, así como la presencia de hidrocarburos, como lo que ocurre en el de Irapuato-Valle de Santiago. De la información más recientemente que se tiene de los volúmenes de recarga y extracción, se sabe que existe una recarga al acuífero Irapuato-Valle de Santiago de aproximadamente 414.77 Mm<sup>3</sup> mientras que se extrae un volumen de 669.77 Mm<sup>3</sup>, lo que implica que existe un déficit de 255 Mm<sup>3</sup>. Se sabe que en acuífero hay un abatimiento promedio anual de 2m (m/a), pero se ha encontrado que en algunas zonas como en la ciudad de Salamanca e Irapuato existen sitios que presentan abatimientos de hasta 5m/a, lo cual ha causado problemas de fallas debidas a la subsidencia.

Para amortiguar en algo los graves problemas que existen en esta región, el COTAS lleva a cabo una serie de capacitaciones a la sociedad con el objetivo de que tengan una mayor conciencia del uso y manejo del recurso hídrico. También cuentan con el apoyo de universidades para desarrollar investigaciones sobre

los problemas de contaminación que existen. Los inconvenientes con los que cuentan los COTAS en general, son los apoyos económicos que a pesar que tienen la figura legal de asociaciones civiles dependen exclusivamente de la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG) que son los que les marcan que tipo de actividades deben desarrollar. Esto ha causado que los COTAS dependan exclusivamente de la CEAG y que no puedan desarrollar programas de acuerdo a las necesidades de su región.

SE17-14

**CIENCIA EN LA CIUDAD. CLAUSURA DEL AÑO HELIOFÍSICO INTERNACIONAL (2007-2008) EN EL PARQUE DE SANTA MARÍA LA RIBERA, MÉXICO D.F.**

Cordero Tercero María Guadalupe y Zueck González Silvia

*Instituto de Geofísica, UNAM*

gcordero@geofisica.unam.mx

El 19 de febrero del 2007 la ONU declaró oficialmente el inicio del Año Heliofísico Internacional (AHI) con el propósito de unir fuerzas a nivel mundial para compartir observaciones, instrumentos y talento para entender mejor a nuestra estrella más cercana, el Sol, así como mostrar al público en general la relevancia y belleza de las ciencias espaciales.

Con el objetivo de llevar a cabo la clausura del Año Heliofísico Internacional (AHI) se organizó la llamada Kermés Solar en el Parque de Santa María la Ribera de la Cd. de México el domingo 30 de marzo de 2008. La idea fue dar a conocer al público no especializado la importancia del estudio del Sol y su atmósfera (Heliosfera), hacer comprensible la relación entre la ciencia y la vida cotidiana y sensibilizar a la población sobre el papel fundamental de la investigación científica en esta área.

En dicho evento participaron diversas Instituciones como el Museo de Geología del Instituto de Geología de la UNAM, el Departamento de Promoción Cultural y Recintos Culturales, la Coordinación Territorial de Cultura Comunitaria y el Departamento de promoción y Desarrollo del Deporte (estos tres últimos pertenecientes a la Delegación Cuauhtemoc), el Instituto del Deporte del Gobierno del Distrito Federal, el Centro Lindavista, la Mesa de articulación del proyecto Santa María La Ribera "Comunidad Educativa y Cultural" y el Club Nibiru de la Facultad de Ciencias de la UNAM, todos ellos coordinados por el departamento de Ciencias Espaciales del Instituto de Geofísica de la UNAM.

Describimos las actividades que conjuntamente se realizaron durante el evento y presentamos los resultados de recabar observaciones hechas al público asistente y los estudiantes que apoyaron las actividades de divulgación. Enfatizamos las actividades realizadas alrededor del material didáctico elaborado tanto por investigadores como por estudiantes de maestría y doctorado del departamento de Ciencias Espaciales del Instituto de Geofísica.

A lo largo de este escrito, la divulgación de la ciencia se muestra como una actividad eminentemente social ubicada dentro de la llamada educación no formal y dirigida a un público diverso en lo que respecta a edades y a niveles de instrucción científica y técnica.

SE17-15

### **BROKEN CITY. UNA EXPERIENCIA VIDEOGRÁFICA SOBRE LA SUBSIDENCIA EN IRAPUATO**

Rodríguez Velázquez Isaias<sup>1</sup> y Rodríguez Castillo Ramiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>GAVE

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

super\_camell@hotmail.com

(Presentación del video Broken City y discusión al terminar)

El nivel de daños a la infraestructura urbana e individual que produce la subsidencia genera imágenes de alta impacto visual que puede facilitar su entendimiento por los organismos involucrados en su manejo y mitigación y en la población afectada.

La elaboración de un video sobre el proceso de los hundimientos diferenciales del terreno y las consecuencias que tienen las fracturas y fallas del terreno en la infraestructura pública y privada, significa un reto desde el punto de vista cinematográfico y técnico científico.

Broken City retrata la fenomenología y la explica a través de entrevistas a los investigadores involucrados. Investigadores del instituto de Geofísica de la UNAM, del Politécnico de Turín y de la Universidad de Palermo en Italia. Se recurre a imágenes de alto impacto y a animaciones esquemáticas. No solo se describe la causa sino efectos colaterales como la contaminación de sistemas acuíferos debido a la alteración de la vulnerabilidad a la contaminación que origina la subsidencia.

El video conlleva el mensaje de la relevancia de la multidisciplinaria y la interinstitucionalidad.

Se busco utilizar un lenguaje técnico simple que facilite la comprensión de la relación causa efecto a los tomadores de decisiones. El material se evaluara para su posterior uso en procesos informativos a la población y a estudiantes interesados en el tema.

Las bondades de este tipo de material deben de ser reconsideradas en Instituciones de Investigación para facilitar la difusión de los resultados a grupos potencialmente afectables.

Es indispensable la colaboración de instituciones especializadas en la divulgación de la Ciencia y en personas o grupos con expertise en metodologías de comunicación.

SE17-16 CARTEL

### **PARTICIPACIÓN DE LA EDUCACIÓN CONTINUA EN LA PROYECCIÓN DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA HACIA LA SOCIEDAD.**

Cortina Urrutia Lucila Margarita y Martínez Gómez Jesús Daniel

*Instituto de Geofísica, UNAM*

lucila@geofisica.unam.mx

Como se indica en la descripción de la sesión especial de Ciencias de la Tierra y Sociedad, queremos exponer nuestras experiencias de comunicación y divulgación al realizar la serie de televisión en el 2005 Año Internacional de la Física.

Con la finalidad de que la sociedad perciba mejor y comprenda la manera en que funciona nuestro planeta como un sistema dinámico y cambiante, la Organización de las Naciones Unidas,

a través de sus organismos correspondientes, a promovido como estrategia la celebración de años temáticos para la realización de actividades científicas que contribuyan a la cooperación y vinculación de estudios multidisciplinarios, así como a su amplia difusión a nivel global.

El propósito para realizar esta serie de televisión "La Física de la Tierra" conformada por nueve programas fue el pretender que la sociedad percibiera mejor y comprendiera la manera en que funciona nuestro planeta como un sistema dinámico y cambiante. También era de nuestro interés que el auditorio tuviera una idea del potencial de la Universidad Nacional Autónoma de México para contribuir con la sociedad en el análisis e intervención en esta temática.

Vamos a describir ejemplos concretos y la estrategia propuesta para que estos programas de TV lleguen al público en general y a los estudiantes de enseñanza media y media superior.

SE17-17 CARTEL

### **LA RED INALÁMBRICA EN LA UNAM Y SUS AVANCES**

Montaño Cuahuilaz Francisco

*Instituto de Geología, UNAM*

paco@geologia.unam.mx

La necesidad de comunicación entre el personal de la unam es vital para el desarrollo de la misma, desde sus oficinas o centros de trabajo en la ciencia el Internet es un potente medio de información, comunicación y ha originado una gran demanda de acceso 24 horas al día, 7 días a la semana, sin importar la ubicación. El futuro de las comunicaciones va encaminado a las redes inalámbricas por lo que las Universidades, empresas, organizaciones, etc. integran actualmente este tipo de tecnología a sus sistemas de red.

En la rama de la ciencias de la tierra es fundamental el manejo de información vía internet entre mayor sea la amplitud de banda ancha, permitirá que la información fluya de manera rápida y eficiente. Por lo que en la actualidad el área de computo del IGL trabaja para obtener un ancho de banda mayor a 300Mbps vía inalámbrica e independiente y utilizando los anchos de banda de la fibra óptica que existen en todas las dependencias de la UNAM.

Es por estas razón estamos trabajando en un proyecto de restructuración del Acces Point, en este Instituto Geología, UNAM y en colaboración con la DGSCA, UNAM.

Sin más por el momento, y en la mejor disposición de participar en SGM y ampliar lo expuesto. Agradezco la atención que se sirva dar a la misma y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

SE17-18 CARTEL

**EXPERIENCIAS Y AVANCES DE LA COMISIÓN  
DE MEDIOS AUDIOVISUALES DEL AÑO  
INTERNACIONAL DEL PLANETA TIERRA, MÉXICO**

Soler Arechalde Ana M.<sup>1</sup>, Aguilar Sierra Alejandro<sup>2</sup>,  
Cortina Sierra Lucila<sup>1</sup> y Ballesteros Montellano Marisol<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*

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

anesoler@geofisica.unam.mx

El 2008 fue proclamado por la ONU como el Año Internacional del Planeta Tierra (AIPT), dada la auténtica preocupación por las grandes catástrofes sufridas y el uso irracional de los recursos naturales.

Con la consigna de “Las ciencias de la Tierra al Servicio de la Sociedad” este año se realizan eventos para difusión de las actividades que realizan los geocientíficos y los conocimientos obtenidos que ayudan al entendimiento de la naturaleza de nuestro planeta.

Con este objetivo la Comisión de Medios Audiovisuales del Comité Mexicano del AIPT desarrolla una serie de proyectos como: documentales y cápsulas, donde se muestra el quehacer de los geocientíficos, así como las actividades de investigación en los diferentes centros de Ciencias de la Tierra del país.

Una de nuestras metas es acercar a los jóvenes a las profesiones en estas disciplinas; otra es sensibilizar a gobiernos y sociedad en general de que los conocimientos en Ciencias de la Tierra deben emplearse para construir una sociedad más sana, segura y rica.

Se presentará las experiencias de la Comisión durante el desarrollo de estos proyectos y algunos ejemplos de los productos terminados.



Sesión Especial

# **Avances en la geocronología y la paleogeografía en el sur de México**

Organizadores:

Peter Schaaf

Gabriela Solís-Pichardo

Teodoro Hernández

SE18-1

**ANÁLISIS COMBINADO DE U-PB Y LU-HF EN ZIRCONES INDIVIDUALES DE ROCAS DEL BASAMENTO GRENVILLEANO: UNA APROXIMACIÓN PARA CARACTERIZAR PROTOLITOS**

Weber Bodo<sup>1</sup>, Scherer Erik E.<sup>2</sup>, Valencia Victor<sup>3</sup>, Schulze Carlos<sup>4</sup> y Mezger Klaus<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *División de Ciencias de la Tierra, CICESE*

<sup>2</sup> *Institut für Mineralogie, Universität Münster, Alemania*

<sup>3</sup> *Department of Geosciences, University of Arizona, USA*

<sup>4</sup> *Universidad Nacional Autónoma de México*

bweber@cicese.mx

Recientes avances en los métodos analíticos han dado un auge sin precedente al uso del mineral zircón en la geocronología por el método U-Pb. El método isotópico Lu-Hf se basa en el decaimiento del <sup>176</sup>Lu al <sup>176</sup>Hf, un elemento con alto potencial iónico similar al Zr, por lo que las concentraciones de Hf en el mineral zircón alcanzan hasta 1-2%. La razón entre Lu y Hf en cambio es muy baja, por lo que el crecimiento radioactivo de Hf en zircón es mínimo. La razón inicial de <sup>176</sup>Hf/<sup>177</sup>Hf provee información acerca de la fuente donde cristalizó el zircón y complementa así la información que se obtiene por el fechamiento con U-Pb. En este estudio se tomaron zircones de diferentes afloramientos del basamento Grenvilleano en México (Oaxaquia), que tienen en común metamorfismo en facies de granulita hace ~990 Ma y la presencia de anortositas y/o rocas asociadas. Adicionalmente y para la comparación, se analizaron también zircones de un ortogneis del complejo Garzón en Colombia. Se aplicó dilución isotópica en zircones individuales tanto para Lu-Hf como para U-Pb y se separaron todos los elementos en columnas en un solo paso. Las razones isotópicas de Lu y Hf fueron obtenidos por MC-ICPMS y los de U y Pb por TIMS. Además, se presentan fechamientos obtenidos por U-Pb con MC-ICPMS con ablación láser con alta resolución espacial (hasta 10 µm), que permiten reconstruir fases de cristalización y re-cristalización dentro del zircón.

Los zircones de migmatitas del Complejo Oaxaqueño tienen estructuras muy complejas con núcleos y varias fases de re-cristalización y crecimiento metamórfico, cuyas edades se restringen entre 1250 y 950 Ma; Núcleos más viejos son escasos. Zircones de rocas asociadas con anortositas son más homogéneos y no presentan núcleos, pero aún así sus edades varían de los bordes a los centros, indicando así re-cristalización sin re-equilibración isotópica. <sup>176</sup>Hf/<sup>177</sup>Hf(i) de los zircones del Complejo Oaxaqueño varían poco entre 0.28215 a 0.28224 (eps.Hf(i)= +5 a +8) y aparentemente los valores no dependen de la presencia de núcleos heredados. Lo mismo se observa en zircones del Gneis Novillo (Tamaulipas) y de un gneis del Complejo Guichicovi (Oaxaca) cuya edad de cristalización es >1200 Ma. Los resultados indican que las rocas se formaron a partir de una corteza poco contaminada cuya edad modelo TDM(Hf) se puede estimar entre ~1.5 y ~1.6 Ga (suponiendo que esta corteza se formó de un manto de modelo empobrecido). Las rocas asociadas con anortositas no indican contribución significativa del manto. Como excepción, algunos zircones del gneis Molango (Hidalgo) tienen núcleos más antiguos (~1.5 Ga) y <sup>176</sup>Hf/<sup>177</sup>Hf(i) más bajo (0.28209) indicando así la aportación de corteza más antigua. El ortogneis del Grazón dio edades similares a los del Complejo Oaxaqueño, pero su <sup>176</sup>Hf/<sup>177</sup>Hf(i) es más bajo de 0.28210-28214. En conclusión, la combinación de fechamientos por U-Pb con análisis isotópicos de Hf en zircones permite caracterizar diferentes historias de origen en rocas de la

corteza inferior que tiene implicaciones para posibles conexiones paleogeográficas y para definir fuentes de zircones detríticos.

SE18-2

**MAGMATISMO DEVÓNICO Y ORDOVÍCICO EN EL BLOQUE MAYA: REGIÓN DEL MACIZO DE CHIAPAS, MÉXICO**

Pompa Mera Valerie<sup>1</sup>, Schaaf Peter<sup>1</sup>, Weber Bodo<sup>2</sup>, Pichardo Gabriela Solís<sup>3</sup> y Hernández Teodoro<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> *División de Ciencias de la Tierra, CICESE*

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

valerie@geofisica.unam.mx

El Macizo de Chiapas (MC) se localiza en el sureste de la República Mexicana extendiéndose paralelamente a la línea de la costa pacífica unos 20,000 Km<sup>2</sup>, creando uno de los complejos cristalinos con mayor extensión en el territorio nacional. Este cuerpo se encuentra formado en su mayor parte por rocas ígneas, metaígneas y metasedimentarias. Diversos eventos magmáticos y metamórficos se han reportado durante el Pérmico-Triásico (220-240 Ma), además de un evento únicamente magmático en el Jurásico. Estudios recientes (p. ej. Weber et al., 2007; Salazar-Juárez, 2008) han enfocado su atención en la descripción de rocas graníticas y edades de procedencia en circones de rocas metasedimentarias ubicadas en la parte centro y oriente del MC, que sugieren que las rocas pre-existentes de este y del Bloque Maya han estado sometidas a diversos eventos tectonotérmicos al menos desde el Devónico.

En el presente estudio, se realiza un análisis geocronológico de rocas magmáticas y metamórficas de la porción oriental del MC que demuestra que la parte basal de este complejo ha sido afectado por magmatismo y metamorfismo en el Ordovícico y en el Devónico. Además, se sugiere la existencia de una secuencia metamórfica más antigua que la Formación Santa Rosa Inferior, la cual ha sido considerada la secuencia basal del mismo, y la ocurrencia de diversos pulsos magmáticos en el Bloque Maya y regiones circundantes, cuyo registro puede observarse en el sector suroriental del MC. Las características petrográficas, geoquímicas y geocronológicas de las rocas graníticas evidencian el continuo reciclaje de corteza continental con la presencia de magmatismo intraplaca, la existencia de circones heredados de edad Grenvilliana y Arqueana (?), y la generación de magmas de arco previos a la acreción, deformación y separación de estos terrenos. Las edades de 392±9 Ma (Rb-Sr), 456±14 Ma (U-Pb), 474±24 Ma (Sm-Nd), 482±3 Ma (U-Pb), y que se presentan son una herramienta clave para el entendimiento del ensamble de los bloques que componen el límite Maya-Chortís durante el Paleozoico, junto con la determinación del ambiente tectónico, relaciones temporales y condiciones de metamorfismo y emplazamiento de los magmas que formaron las rocas que componen caracterizan este complejo.

SE18-3

**RELACIONES ESTRATIGRÁFICO-ESTRUCTURALES  
Y GEOCRONOLÓGICAS DE UNA SECUENCIA  
METAVOLCANOSSEDIMENTARIA (FM. METZONTLA)  
EN LA ZONA DE YUXTAPOSICIÓN DE LOS  
COMPLEJOS ACATLÁN Y OAXAQUEÑO,  
SUR DE MÉXICO: REMANENTES DE UNA  
CUENCA INTRARCO PENSILVÁNICA**

Eliás Herrera Mariano<sup>1</sup>, Ortega Gutiérrez Fernando<sup>1</sup>, Macías Romo Consuelo<sup>1</sup>, Sánchez Zavala José Luis<sup>1</sup>, Solís Pichardo Gabriela<sup>1</sup>, Torres López Mayra<sup>1</sup>, Valencia Víctor<sup>2</sup> y Ortega Rivera Amabel<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Department of Geosciences, University of Arizona, USA

elias@servidor.unam.mx

Aquí se presentan datos geocronológicos nuevos sobre rocas paleozoicas y mesoproterozoicas en la zona de yuxtaposición tectónica (falla de Caltepec) de los complejos Acatlán y Oaxaqueño, basamentos de los terrenos Mixteco y Zapoteco. La porción más septentrional de la falla de Caltepec al nivel del basamento metamórfico premesozoico se observa en Los Reyes Metzontla, Puebla. Debajo de la Fm. Matzitzi del Pérmico temprano-tardío (leonardiano), y en discordancia angular, se encuentra una secuencia meta-volcanosedimentaria (Fm. Metzontla, FM) polideformada y metamorfozada en facies de esquisto verde, compuesta de filitas, calcacarenitas, metacalizas y esquistos verdes. La deformación se caracteriza por al menos dos generaciones de plegamiento y zonas de cizalla dúctil y dúctil-frágil con cinemática dextral y de cima hacia el NE. Por otro lado, la FM está en contacto por fallas subverticales desarrolladas en un régimen frágil con ortogneises graníticos del Complejo Oaxaqueño que manifiestan cataclasis y retrogresión intensa pospaleozoica.

Los datos U-Pb (LA-ICPMS) de zircones detríticos para la FM muestran picos de edades paleozoicas y mesoproterozoicas a ~334, ~452, ~1056, ~1204, ~1245, y ~1333 Ma. Los preponderantes son de ~452, ~1056 y 1204-1254 Ma. La edad de los zircones más jóvenes implican una sedimentación post-334 Ma, lo que es consistente con una edad de meseta 40Ar/39Ar de mica blanca (fengita) detrítica de  $333.99 \pm 1.98$  Ma en las filitas de la FM. El depósito de la FM queda consecuentemente comprendido entre el Misisípico Medio y el Pérmico temprano-tardío, por lo que una edad pensilvánica es la más probable. La procedencia de los zircones detríticos del Misisípico y Ordovicio Tardío corresponden al Complejo Acatlán, en el que eventos magmáticos y metamórficos de estas épocas están claramente documentados. La edad misisípica de la fengita detrítica en la FM es similar a la de las fengitas en unidades metamórficas de alta presión de este complejo. Los zircones detríticos del Mesoproterozoico parecen relacionarse al Complejo Oaxaqueño adyacente. Los ortogneises graníticos del Complejo Oaxaqueño fechados en el área dan edades concordante U-Pb (ID-TIMS, zircones) de  $1003.0 \pm 1.5$ ,  $1009.0 \pm 2.2$ ,  $1028 \pm 2.5$ ,  $1092 \pm 2.6$  Ma, y de intersección superior de  $1186 \pm 7.0$  Ma.

Los datos geológicos y geocronológicos de la FM sugieren una afinidad litotectónica de cuenca intrarco más ligada a la evolución del terreno Mixteco que a la del Zapoteco. La deformación y el metamorfismo de la FM probablemente ocurrió durante el Cisuraliano (Pérmico temprano) (orogenia Caltepecense), y parece estar relacionada con el cierre de la cuenca que culminó con la yuxtaposición y consolidación de los complejo cristalinos con migmatización y magmatismo sintectónico en un régimen transpresivo a lo largo de la falla de Caltepec hace ~270-275 Ma.

La presencia de la FM en bloques aparentemente aislados, con elementos estructurales que indican transporte tectónico hacia el NE, en la porción más oriental de la zona de falla, contrario a lo que se observa en la porción occidental, puede ser el complemento de una estructura en flor que son comunes en los sistemas transpresivos como la falla de Caltepec.

SE18-4

**IMPORTANCIA Y SIGNIFICADO DE LA GEOCRONOLOGÍA  
DE LAS FORMACIONES AGUA DE OBISPO Y BALSAS  
EN LA RECONSTRUCCIÓN PALEOGEOGRÁFICA DEL  
SUR DE MÉXICO ENTRE 60 Y 30 MILLONES DE AÑOS**

Hernández Teodoro<sup>1</sup>, Solís Pichardo Gabriela<sup>2</sup>, Schaaf Peter<sup>1</sup>, Pérez Gutiérrez Rosalva<sup>2</sup>, Torres de León Rafael<sup>1</sup> y Salgado Soto Zacarias<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto de Geología

<sup>3</sup>Comisión Federal de Electricidad

tht@geofisica.unam.mx

En la región de Tierra Colorada y Chilpancingo hemos reportado un evento de deformación post-laramídico que afectó a rocas paleocénicas, dejando evidencias de pliegues y cabalgaduras con rumbos E-W y vergencias hacia el sur. Estas estructuras se distinguen de las estructuras laramídicas las cuales presentan dominios de rumbo NS. Ambas deformaciones alcanzan registro en la columna estratigráfica Mesozoica; sin embargo, la deformación post-laramídica afecta rocas paleocénicas de las formaciones Agua de Obispo y Balsas.

Consideramos importante poder comenzar a reconocer el alcance regional de esta deformación post-laramídica, en particular, paralelamente a la margen pacífica de Guerrero y Oaxaca; ya que, si es consistente, podríamos intentar correlacionarla con la reconstrucción del sur de México en los últimos 60 MA. El análisis de esta deformación post-laramídica podría servir para aclarar, por ejemplo, el cuestionamiento del paso del Bloque Chortis sobre esta margen.

Para confirmar la existencia de esta deformación decidimos hacer estudios geocronológicos de las Formaciones Agua de Obispo y Balsas ya que presentan rasgos estructurales asociados a los pliegues y cabalgaduras post-laramídicas. Previamente ya habíamos obtenido una edad de  $56.3 \pm 1.4$  Ma por el método de en K-Ar en micas. Estas formaciones por su edad y significado tectónico son clave en el entendimiento de los alcances estratigráficos de la deformación en cuestión, por lo que en este trabajo presentaremos nuevas edades de estas dos unidades litoestratigráficas como inicio de cuantificar nuestra hipótesis.

SE18-5

**GEOCRONOLOGÍA DEL CAMPO VOLCÁNICO DE HUAUTLA, MORELOS Y DEL SECTOR NORTE-CENTRAL DE LA SIERRA MADRE DEL SUR Y SUS IMPLICACIONES EN EL CONOCIMIENTO DE LA EVOLUCIÓN MAGMÁTICA DEL CENOZOICO**

González Torres Enrique<sup>1</sup>, Morán Zenteno Dante<sup>1</sup>, Chapela Lara María<sup>1</sup>, Solé Viñas Jesús<sup>2</sup>, Valencia Víctor<sup>3</sup> y Pompa Mera Valerie<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Geología, UNAM*

<sup>2</sup>*Instituto de Geología, UNAN*

<sup>3</sup>*Department of Geosciences, University of Arizona, USA*

eagtgaia@geologia.unam.mx

El sector norte-central de la Sierra Madre del Sur incluye un conjunto de centros volcánicos predominantemente silíceos que forman parte de un episodio magmático del Eoceno tardío- Oligoceno temprano. Este volcanismo tiene una especial importancia porque representa uno de los pulsos finales del magmatismo Paleógeno de la región, previos a la instauración del arco de la Faja Volcánica Mexicana. Asimismo, la geocronología, posición y composición de esta región volcánica sugiere conexiones con la provincia de la Sierra Madre Occidental.

En el presente trabajo se analiza el significado geológico de nuevos fechamientos U-Pb y K-Ar realizados en el campo volcánico de Huautla, Morelos y en otros centros volcánicos del sector norte central de la Sierra Madre del Sur, como son el centro volcánico de la Muñeca y de Valle de Bravo en el Estado de México, el campo volcánico de Taxco, Gro. y el Granito de Chiautla en Puebla.

En el campo volcánico de Huautla se reconocen varios eventos volcánicos que se pueden agrupar por su geocronología en tres grupos: volcanismo previo a la edad de la Ignimbrita Tilzapotla (<34.5 Ma.), que de acuerdo a las edades de zircones tienen rangos de 38 a 36 Ma, y que constituyen el basamento volcánico sobre el que se edifica el campo volcánico de Huautla, y que además se caracteriza por estar constituido por rocas que varían de andesitas a riolitas; un segundo episodio asociado a edades correspondientes a la Ignimbrita Tilzapotla de ~34.5 Ma, y un tercer episodio final con rangos de edades de ~33 a 29.5 Ma, que en sus fases iniciales fue predominantemente silíceo y en su fase final de composición andesítica. Con base a lo anterior, se advierte que este campo volcánico es un campo complejo de larga vida.

Al integrar la nueva información geocronológica con los fechamientos previamente reportados en otros centros volcánicos de este sector de la SMS, se advierte cierta alternancia de campos volcánicos complejos de larga vida, por ejemplo, Huautla, Taxco, Nanchititla), con otros que muestran un gran evento volcánico de corta duración, como es el caso de las calderas de la Goleta, Edo. de México (36.5 Ma.) y Tilzapotla (34.5 Ma) y Valle de Bravo (35.1

En todos los casos anteriores, existe un registro de rocas de composición predominantemente silíceas que cubren una superficie de ~ 3000 km<sup>2</sup>, las cuáles atestiguan un episodio volcánico mayor que es necesario valorar en un contexto más regional.

SE18-6

**NUEVOS AVANCES EN LA GEOLOGÍA, PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA DEL COMPLEJO INTRUSIVO DE JILOTLÁN, JALISCO**

Salazar Juárez Josué<sup>1</sup>, Schaaf Peter<sup>1</sup>, Solís Pichardo Gabriela<sup>1</sup>, Corona Chávez Pedro<sup>2</sup>, Hernández Teodoro<sup>3</sup> y Villanueva Lascurain Daniel<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Geología, UNAM*

<sup>2</sup>*Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH*

<sup>3</sup>*Instituto de Geofísica, UNAM*

<sup>4</sup>*Universidad Nacional Autónoma de México*

jhosafat40@hotmail.com

En la porción suroccidental de México aflora un cuerpo intrusivo de composición intermedia a ácida de dimensiones batolíticas denominado intrusivo de Jilotlán. Se encuentra en contacto tectónico con rocas volcanosedimentarias correlacionables a las Formaciones Tecalitlán y Tepalcatepec y en contacto intrusivo con rocas cristalinas de composición básica (gabro-diorita "Maravillas"). El análisis químico de esta clase de cuerpos intrusivos félsicos (plagiogranito-trondhjemita) indica un bajo contenido en rubidio y potasio, así como un comportamiento de sus tierras raras (REE) similar a rocas del manto. Esto sugiere que el origen de este tipo de cuerpos se generó como resultado de un complejo proceso en un ambiente de arcos de islas o como el producto dentro de una secuencia ofiolítica en una dorsal oceánica y que terminaron acrecionándose al ensamble de bloques que dieron pie a la formación del territorio mexicano.

En este trabajo exponemos el resultado del análisis de la cartografía regional en un área de aproximadamente 5,670 Km<sup>2</sup> que cubren en total seis cartas topográficas escala 1: 50,000 en los alrededores de los poblados de Tamazula de Gordiano, Santa María del Oro, Tecalitlán, Jilotlán (Jalisco) y Tepalcatepec (Michoacán). Así mismo presentamos los datos preliminares del análisis petrográfico y de la geoquímica de elementos mayores de algunas muestras colectadas en el área de estudio, con la finalidad de aportar nuevos datos que ayuden a fortalecer el modelo de evolución del Terreno Guerrero.

SE18-7

**LA CALDERA EXHUMADA DE LA GOLETA: GEOCRONOLOGÍA Y PETROGÉNESIS**

Díaz Bravo Beatriz A., Morán Zenteno Dante, Chapela Lara María y Martiny Barbara

*Instituto de Geología*

dbbeatriz@yahoo.com.mx

La zona volcánica La Goleta-Sultepec esta representada por un centro volcánico exhumado que forma parte de una franja de centros silíceos del Paleógeno, que se extienden en la porción norte-central de la Sierra Madre del Sur.

La estratigrafía revela la presencia de dos dominios principales: uno, ubicado al norte, representado por diques y unidades extrusivas que no revelan ningún colapso o efecto de subsidencia, y otro, ubicado al sur representado por una zona semielíptica que muestra indicios de haber sufrido un colapso parcial.

La sucesión volcánica está integrada esencialmente por flujos piroclásticos silíceos en facies intracaldera y facies

extracaldera, así como por un complejo de diques piroclásticos no homogéneos. Las ignimbritas La Goleta, La Ciénega, El Potrero y La Lobera corresponden a cuatro de las unidades de los flujos piroclásticos identificados, por otra parte, la Formación Diego Sánchez se identificó como una unidad de depósitos de caída y flujos de escombros. En conjunto la secuencia volcánica, sobreyace a la sucesión mesozoica volcanosedimentaria del Esquistos Tejuipilco y al Grupo Arcelia Palmar-Chico.

La caldera La Goleta se ubica en la porción sur del sistema montañoso La Goleta-Sultepec y está definida por un conjunto de diques piroclásticos que definen una zona semielíptica que limita una acumulación de ignimbritas de varios cientos de metros de espesor. Los ejes de la estructura semielíptica tienen una longitud aproximada de 15 y 12 km. Esta zona corresponde a una estructura de caldera de colapso tipo trap door, delimitada por un complejo de cuerpos subvolcánicos piroclásticos exhumados de origen fisural expuestos en paredes de hasta 700 m.

Por su extensión y volumen se ha inferido en este trabajo que la Ignimbrita La Goleta corresponde al principal periodo de emisión piroclástica, el cual se relaciona con el colapso parcial de la estructura caldérica.

Los fechamientos realizados por K-Ar en sanidino y por U-Pb en zircones individuales indican una evolución rápida de la estructura volcánica. Las cuatro fechas obtenidas para diferentes unidades son indistinguibles dentro del error e indican una edad para este centro volcánico de alrededor de 36.5 Ma.

En los fechamientos de U-Pb se determinaron también tres principales componentes heredados correspondientes al Cretácico Inferior, Jurásico-Triásico y una componente grenvilliana.

La sucesión volcánica de La Goleta-Sultepec presenta características geoquímicas de elementos mayores y traza típicas de arco con un carácter subalcalino y rasgos ligeramente peraluminosos. Además, presentan claras anomalías negativas de Sr y Ba en diagramas multielementales.

El modelado de los datos isotópicos de Sr sugiere una evolución magmática caracterizada por procesos de asimilación-cristalización fraccionada (AFC) a partir de magmas menos evolucionados, probablemente andesíticos, formados en la corteza inferior por medio del desarrollo de una "zona caliente" por el emplazamiento de sills desarrollados por el ascenso de magmas basálticos hidratados provenientes de la cuña del manto; y modificados principalmente por cristalización fraccionada y subordinadamente por asimilación cortical.

SE18-8

### UNA DISCUSIÓN CRÍTICA DE EDADES "HIGH PRECISION" EN LA GEOCRONOLOGÍA ACTUAL

Schaaf Peter

*Instituto de Geofísica, UNAM*

pschaaf@geofisica.unam.mx

En la última década se pudo observar un aumento considerable de publicaciones y resúmenes geocronológicos que presentan edades con errores muy bajos, frecuentemente llamadas "High precision" o "Ultra-high precision" ages. La gran mayoría de estas edades se obtuvieron con métodos novedosos como U-Pb single zircon o por  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ . El lector interesado está dispuesto a pensar que dichos errores tan pequeños son los resultados del avance en la metodología y la instrumentación en los últimos años. Este avance existe sin duda, y gracias a ello se pueden

fechar hoy materiales diversos con métodos nuevos y cantidades de muestras mucho más pequeñas. Sin embargo, el uso no-crítico de los programas de cómputo para la reducción de los datos y el cálculo de los errores puede sugerir una precisión alta que realmente no existe. Gran parte de los usuarios de datos geocronológicos son geólogos sin conocimientos específicos en la estadística matemática. Queda completamente claro, que el entendimiento de los programas de cómputo para la reducción de datos isotópicos es difícil, pero por otro lado no se puede reemplazar con el argumento de que "todos lo hacen así".

El problema y la confusión empiezan normalmente con la desaparición de la desviación estándar en la presentación de los datos isotópicos. Dicha desviación estándar, sin embargo, es el único parámetro que caracteriza la precisión de una serie de mediciones isotópicas. El siguiente problema es la definición de los outliers de una medición. En los libros de estadística, un outlier está caracterizado por un valor que queda fuera de un rango de  $\pm 3$  hasta  $\pm 4$  sigma del valor promedio. La ignorancia y manipulación (cambio de la definición de un outlier) de esta regla permite calcular edades con errores ponderados (weighted mean ages) con valores muy pequeños ("High-precision"?), en especial con la presentación de fechamientos por U-Pb con zircones sencillos y por  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  (stepwise heating method). Sin embargo, no existe una justificación estadística para eliminar 20-30% de los datos (con valores fuera del valor promedio) solamente con la finalidad de obtener errores muy bajos. La discusión sobre la existencia de los outliers simplemente no se realiza.

Aparentemente la precisión alta es entonces un artefacto del uso no-crítico de los programas comerciales para el cálculo de edades, ignorando también los errores en la constante de decaimiento y la heterogeneidad natural en las muestras. Ambos son parámetros que no se pueden especificar exactamente pero sin duda tienen influencia para el error en la edad de un fechamiento isotópico.

SE18-9 CARTEL

### ESTÁNDARES ISOTÓPICOS: IMPORTANCIA EN LA GEOCRONOLOGÍA, APLICACIÓN Y PROBLEMAS

Solís Pichardo Gabriela<sup>1</sup>, Schaaf Peter<sup>2</sup> y Morales Juan<sup>2</sup><sup>1</sup>*Instituto de Geología, UNAM*<sup>2</sup>*Instituto de Geofísica, UNAM*

gsolis@geofisica.unam.mx

La necesidad de adquirir datos isotópicos más precisos, más confiables y sobre todo con mayor rapidez con aplicaciones geocronológicas ha resultado en el acelerado desarrollo de métodos y metodologías nuevas junto con instrumentos de alta precisión. Este precipitado ritmo de obtención (y publicación) de resultados no ha permitido que algunos laboratorios se ocupen de la validación de sus técnicas de medición ni de la reducción de sus datos; por consiguiente, dejando a un lado el analizar aspectos relacionados a la reproducibilidad de los valores obtenidos.

El contar con un aparato de alta precisión no necesariamente implica que los datos producidos también sean de alta precisión. Para lograr esta conjunción es preciso hacer uso de estándares isotópicos. Algunos de estos nuevos métodos no cuantifican la reproducibilidad de los materiales de referencia medidos (en el caso de que existan), tomando en cuenta únicamente la precisión del aparato empleado para medir (indicada por el fabricante).

De esta manera se están relacionando eventos geológicos comparando edades obtenidas por el mismo método pero de

diferentes laboratorios sin que exista una referencia de calibración entre laboratorios.

Debido a esto, presentamos algunos datos de estándares isotópicos (NBS 987, EuA, La Jolla, NBS 981) los cuales en general sí muestran una excelente reproducibilidad pero que no son muestras naturales además de que se ha demostrado que tienen cambios considerables de sus valores de medición en el transcurso de décadas. Lo que hacen muchos laboratorios es publicar esta reproducibilidad y no las desviaciones estándares individuales pensando que se puede aplicar también a sus muestras geológicas.

También presentamos datos isotópicos de estándares geológicos naturales como NBS 607 (Kfsp), Bern4B (biotita), BHVO-1 y BCR-1 (basaltos) los cuales frecuentemente tienen una reproducibilidad menor que los estándares artificiales. Sin embargo, estos valores de la reproducibilidad son mucho más cercanos a la realidad (de muestras naturales) demostrando la importancia de la heterogeneidad natural de cada muestra, un factor crítico que se debería tomar en cuenta para los cálculos de las llamadas edades de alta precisión.

En adición, actualmente se presentan problemas con los estándares para zircones sencillos: son estándares de edad pero no necesariamente comparables con zircones de otras muestras. Debido a que cada zircón tiene efectos de matriz todavía no es claro si un zircón de una muestra natural tiene el mismo comportamiento que un zircón estándar durante la medición. Además falta una compilación de los valores de los zircones estándar para un rango de 10 años o más para ver si aquí también hay una tendencia. Mientras no existan estándares de calibración, que sean reproducibles y que tengan la misma matriz de lo que se está midiendo, la comparación directa de edades obtenidas en diferentes laboratorios deberá efectuarse con cautela.

muestreados en el área de estudio así como de algunos sitios cercanos a la región para entender su génesis y determinar si existen diferencias geoquímicas a nivel local o regional.

Las variaciones de SiO<sub>2</sub> de estas rocas van de 47.3 a 62.9 % en peso. Las cantidades de Na<sub>2</sub>O y K<sub>2</sub>O colocan a la mayoría en el campo de los magmas subalcalinos, mientras que las de álcalis total, MgO y FeO, principalmente en el campo calcoalcalino. Los diagramas multielementales muestran enriquecimiento en Cs, Rb y Ba, con anomalías positivas de Pb y Sr. En los diagramas de tierras raras se observa un patrón casi plano, con un ligero enriquecimiento de las tierras raras ligeras con respecto a las pesadas. Estas rocas se caracterizan por presentar firmas isotópicas muy primitivas, con 87Sr/86Sr de 0.703249 a 0.703789 y #Ndi de +3.35 hasta +6.93 para una edad de 70 Ma. Los valores más primitivos corresponden a un gabro, y los menos primitivos a una cuarzo-diorita.

Una de las cuestiones principales a responder es qué genera el enriquecimiento del Cs, Rb y Ba, así como las anomalías positivas de Pb y Sr, y el ligero enriquecimiento de las tierras raras ligeras, dado que la isotopía es muy primitiva.

Este trabajo es parte de un proyecto de mayor alcance para ver la relación entre los dos eventos plutónicos a nivel local y su implicación en un marco geológico regional.

SE18-10 CARTEL

### GEOQUÍMICA E ISOTOPIA DE LOS GABROS EN EL ÁREA DE TECALITLÁN JALISCO

Villanueva Lascurain Daniel<sup>1</sup>, Schaaf Peter<sup>2</sup>, Solís Pichardo Gabriela<sup>3</sup>, Corona Chávez Pedro<sup>4</sup>, Hernández Teodoro<sup>2</sup> y Salazar Juárez Josué<sup>5</sup>

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

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

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

<sup>4</sup>Departamento de Geología y Mineralogía, UMSNH

<sup>5</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

daniel\_villalaz@hotmail.com

La región de estudio se encuentra entre los poblados de Tecalitlán y Jilotlán de los Dolores, Jalisco, donde aflora un cuerpo plutónico denominado Granito de Jilotlán, el cual pertenece al macizo de Jilotlán-Tomatlán. En algunas partes del área afloran gabros, los cuales presentan fuertes variaciones texturales, principalmente de tamaño, y que son extensivamente intrusionados por rocas que van desde composiciones intermedias hasta pegmatíticas. En otros sectores del área no se observan gabros, en donde solamente afloran intrusivos de composiciones intermedias a graníticas. Hay presencia de diques máficos y félsicos con variaciones texturales que afectan a toda la secuencia de rocas.

En este trabajo se presenta un mapa geológico del área, petrografía y nuevos datos de geoquímica de elementos mayores y traza e isotopía de los gabros y de una cuarzodiorita

# Índice de Autores

Abraham Ríos José	SE17-3	340	Andrade Mascote Ernesto	FE-14 CARTEL	110
<b>Acosta Ochoa Guillermo</b>	SE11-7	300	<b>Andrade Ocádiz Elisa</b>	SIS-37 CARTEL	209
Acosta Ochoa Guillermo	SE11-15	303	<b>Angeles Gómez J. Cruz</b>	SE13-1	320
Adem Julián	CCA-7	80	Angulo Brown Fernando	SE04-5	243
Adem Julián	CCA-17	83	Antayhua Yanet	SE03-10	239
Adem Julián	CCA-38 CARTEL	90	Aragón Noriega Alberto	SE06-10	255
<b>Aguilar Reyes Bertha</b>	GGA-13 CARTEL	146	Aragón Piña Antonio	CCA-22	84
<b>Aguilar Reyes Bertha</b>	GOPAL-6	149	Araiza Quijano Mario R.	SE01-12 CARTEL	229
Aguilar Reyes Bertha	GOPAL-9	150	Arana Medina Anibal Israel	GEOD-4	113
Aguilar Reyes Bertha	GOPAL-10	150	<b>Arana Medina Anibal Israel</b>	GEOD-5	113
<b>Aguilar Reyes Bertha</b>	MIN-2	168	Aranda Gómez José Jorge	GOPAL-1	148
Aguilar Reyes Bertha	SE11-14	303	Aranda Gómez José Jorge	GOPAL-22 CARTEL	155
<b>Aguilar Reyes Bertha</b>	SE11-23 CARTEL	305	<b>Aranda Gómez José Jorge</b>	SED-3	190
Aguilar Reyes Bertha	SE11-25 CARTEL	306	Aranda Gómez José Jorge	SED-4	191
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-6 CARTEL	107	Arango Galván Claudia	EG-13	100
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-8 CARTEL	108	Arango Galván Claudia	GEOH-10 CARTEL	124
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-10 CARTEL	108	Araujo Pradere Eduardo	FE-13 CARTEL	109
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-11 CARTEL	109	Arce Saldaña José Luis	VUL-3	214
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-14 CARTEL	110	<b>Arce Saldaña José Luis</b>	VUL-5	215
<b>Aguilar Sierra Alejandro</b>	SE14-9	326	Arce Saldaña José Luis	VUL-19 CARTEL	221
<b>Aguilar Sierra Alejandro</b>	SE17-7	342	Arce Saldaña José Luis	VUL-20 CARTEL	221
Aguilar Sierra Alejandro	SE17-18 CARTEL	347	Arce Saldaña José Luis	VUL-21 CARTEL	222
<b>Aguilar Villegas Juan Martín</b>	GEOD-1	112	<b>Arciniega Ceballos Alejandra</b>	EG-19 CARTEL	102
Aguilar Villegas Juan Martín	GEOD-6	113	Arciniega Ceballos Alejandra	SE03-3	237
Aguillon Robles Alfredo	GOPAL-18 CARTEL	153	Arenas Alatorre Jesus	GOPAL-14	152
Aguíñiga García Sergio	OCE-8	176	Argote Denisse	SE11-4	299
<b>Aguíñiga García Sergio</b>	SE16-3	337	<b>Arguijo Herrera Tania</b>	SIS-32 CARTEL	207
Aguirre Castan Roberto	MIN-6 CARTEL	170	Arias Paz Alberto	GEOD-2	120
Aguirre Fernando	SE16-1	336	<b>Arias Paz Alberto</b>	GEOH-4	121
Aguirre González Jorge	SIS-36 CARTEL	208	Armendariz Sánchez Saul	SE17-5	341
Aguirre González Jorge	SE06-40 CARTEL	268	Arregui Ojeda Sergio Manuel	SE08-1	276
Aguirre Sáenz Benito	GEOH-9 CARTEL	123	Arreola Lizárraga Alfredo	SE06-10	255
Alaniz Álvarez Susana A.	GET-5	136	Arrevillaga Meneses Felipe	SE06-19	259
<b>Alaniz Álvarez Susana A.</b>	SE14-14	328	Arrieta Guzmán J. J.	SE06-41 CARTEL	269
<b>Alarcón Ferreira Ana María</b>	SIS-23	203	Arroyo Cabrales Joaquín	PALEO-1	186
Alarcón Ferreira Ana María	SE06-38 CARTEL	267	Arzate Flores Jorge	EG-13	100
Alatorre Chávez Eliseo	VUL-1	214	Arzate Flores Jorge	EG-14	100
Alatorre Chávez Eliseo	VUL-15 CARTEL	219	Arzate Flores Jorge	EG-15	101
Alatorre Mendieta Miguel Angel	OCE-16	179	Arzate Flores Jorge	GET-6	136
Alatorre Zamora Miguel Angel	EG-3	96	Arzate Flores Jorge	GEOPAL-15	152
<b>Alatorre Zamora Miguel Angel</b>	GGA-4	141	Aspra Romero Enrique	CCA-12	81
<b>Alatorre Zamora Miguel Angel</b>	GGA-5	142	Aurioles Gamboa David	OCE-8	176
Alcantar Arrizón Fernando	SE01-3	226	Avelar Frausto Carlos	SE06-28	263
Alcántara Nolasco Leonardo	SE01-7	228	Avendaño Bazaldúa Brenda M.	SE03-11 CARTEL	240
Alcántara Nolasco Leonardo	SE08-11	279	<b>Ávila Dorador Lizbeth</b>	SIS-9	199
<b>Alcántara Nolasco Leonardo</b>	SE08-14	281	Ávila Olivera Jorge Alejandro	SE03-3	237
Aldana Vázquez Araceli	FE-13 CARTEL	109	Ávila Vizuett Karla Cecilia	GP-8 CARTEL	130
Alducin Rivas Miriam	SIS-6	197	Avilez Serrano Porfirio	GET-3	135
Alducin Rivas Miriam	SIS-19	202	Avilez Serrano Porfirio	GEOQP-14 CARTEL	164
Almazán Vázquez Emilio	SED-7	192	Ayala Hernández Mauricio	SE08-14	281
Almora Mata David	SE08-14	281	<b>Baez Ordaz Alberto</b>	FE-7 CARTEL	107
<b>Alva Niño Efraín</b>	SE03-11 CARTEL	240	Baglioni Piero	SE11-6	300
Alva Valdivia Luis M.	GEOH-9 CARTEL	123	Balart Páez Eduardo	OCE-8	176
Alva Valdivia Luis M.	GOPAL-6	149	Balcázar Mario	GEOH-10 CARTEL	124
Alva Valdivia Luis M.	GOPAL-14	152	Balcazar Vázquez Alejandro	SE15-3 CARTEL	332
<b>Alva Valdivia Luis M.</b>	GOPAL-16	152	Balderas López Sergio	SE02-4	233
Alva Valdivia Luis M.	GOPAL-17 CARTEL	153	Balderrama Corral Rigoberto	GEOD-10 CARTEL	115
Alva Valdivia Luis M.	GOPAL-18 CARTEL	153	<b>Balderrama Corral Rigoberto</b>	GEOD-11 CARTEL	115
Alva Valdivia Luis M.	GOPAL-19 CARTEL	153	Balderrama Corral Rigoberto	GEOD-12 CARTEL	115
Alva Valdivia Luis M.	GOPAL-21 CARTEL	154	Ballesteros Montellano Marisol	SE17-7	342
Alva Valdivia Luis M.	GOPAL-22 CARTEL	155	Ballesteros Montellano Marisol	SE17-18 CARTEL	347
Alva Valdivia Luis M.	GOPAL-23 CARTEL	155	<b>Ballinas Oseguera Monica</b>	CCA-37 CARTEL	90
<b>Alva Valdivia Luis M.</b>	GOPAL-24 CARTEL	155	Bandy William L.	EG-17	101
<b>Alva Valdivia Luis M.</b>	GOPAL-26 CARTEL	156	Bandy William L.	EG-24 CARTEL	104
Alva Valdivia Luis M.	VUL-24 CARTEL	223	Bandy William L.	GP-2	128
Alva Valdivia Luis M.	SE11-15	303	<b>Bandy William L.</b>	SE05-4	247
Alva Valdivia Luis M.	SE11-26 CARTEL	306	Bandy William L.	SE05-10 CARTEL	249
Álvarez Béjar Román	EG-14	100	Barajas Gea Ivan	GET-5	136
<b>Álvarez Béjar Román</b>	GET-6	136	<b>Barba Pingarrón Luis</b>	SE11-9	301
<b>Álvarez Béjar Román</b>	GOPAL-15	152	Barboza Gudiño Rafael	SIS-8	198
Álvarez Béjar Román	VUL-24 CARTEL	223	Barboza Gudiño Rafael	SIS-18	201
Álvarez Borrego Saúl	OCE-4	175	<b>Barradas Miranda Víctor L.</b>	CCA-1	78
<b>Álvarez Gasca Oscar</b>	CCA-9	80	<b>Barradas Miranda Víctor L.</b>	CCA-11	81
Álvarez Manilla Alfonso	SE03-1	236	Barradas Miranda Víctor L.	CCA-37 CARTEL	90
Álvarez Molina Juan Baudilio	SED-9 CARTEL	193	Barrientos Bernardino	SE02-3	232
<b>Álvarez Ospina Harry</b>	SE12-20 CARTEL	316	Barrientos Cisneros Julio	SE01-9 CARTEL	228
Álvarez Pozos Sandra	CCA-27	86	Barron Noriega Moises Aramis	GEOD-10 CARTEL	115
<b>Amador Terrazas Eduardo</b>	SE10-5	293	Barth A. P.	SED-8	193
Amaya Martínez Ricardo	SED-7	192	Bartha Andrés	GGA-8 CARTEL	143
Andrade Mascote Ernesto	FE-6 CARTEL	107	Bartha Andrés	SE11-19 CARTEL	304
Andrade Mascote Ernesto	FE-7 CARTEL	107	Bautista Francisco	GGA-13 CARTEL	146
Andrade Mascote Ernesto	FE-8 CARTEL	108	Bayona Célis Armando	GGA-10 CARTEL	144
Andrade Mascote Ernesto	FE-9 CARTEL	108	Bello Segura Delia	SIS-32 CARTEL	207
<b>Andrade Mascote Ernesto</b>	FE-10 CARTEL	108	Bellón Hervé	GOPAL-18 CARTEL	153
Andrade Mascote Ernesto	FE-11 CARTEL	109	<b>Belmares Servín Jonathan</b>	SE10-11 CARTEL	296



Belmonte Jiménez Salvador Isidro	EG-15	101	Cárdenas Ramírez Arturo	SE08-7	278
Belmonte Jiménez Salvador Isidro	GGA-4	141	Cárdenas Ramírez Arturo	SE08-8	278
Belmonte Jiménez Salvador Isidro	GGA-5	142	Cárdenas Soto Martín	SIS-1	196
<b>Belmonte Jiménez Salvador Isidro</b>	GGA-6	142	Cárdenas Soto Martín	SIS-2	196
<b>Belmonte Jiménez Salvador Isidro</b>	GGA-14 CARTEL	146	<b>Cárdenas Soto Martín</b>	SIS-15	201
Beltran Soto Diana Patricia	GEOD-12 CARTEL	115	<b>Cárdenas Soto Martín</b>	SE06-16	258
Beramendi Orosco Laura E.	CCA-41 CARTEL	91	<b>Cárdenas Soto Martín</b>	SE14-15	328
<b>Beramendi Orosco Laura E.</b>	SE11-8	300	Cardona Benavides Antonio	GEOH-3	121
<b>Bernal Díaz Alberto</b>	SIS-11	199	Cardona Benavides Antonio	GEOH-6	122
<b>Bernal María del Sol Hernández</b>	SE11-26 CARTEL	306	<b>Cardona Benavides Antonio</b>	SE15-1	332
Bernard Romero Rubén	SE05-3	246	Cardona Molina Agustín	GEOQP-15 CARTEL	164
Bielak Jacobo	SE09-8	286	<b>Cardona Sánchez Ronaldo</b>	CCA-43 CARTEL	92
Billen Magali	SE05-6	248	Carlos Valerio Victor	SE06-23	261
<b>Blanco Florido David</b>	MIN-3	169	Carranza Castañeda Oscar	SED-3	190
Blanco Florido David	MIN-4	169	<b>Carranza Castañeda Oscar</b>	SED-4	191
Bohn Ted	SE06-22	261	<b>Carreón Freyre Dora Celia</b>	SE02-3	232
Böhnel Harald	GOPAL-1	148	<b>Carreón Freyre Dora Celia</b>	SE03-1	236
Böhnel Harald	GOPAL-5	149	Carreón Palau Silvia	SE06-10	255
<b>Böhnel Harald</b>	GOPAL-8	150	<b>Carrera Hernández Jaime J.</b>	GEOH-8	123
<b>Bonifaz Alfonso Roberto</b>	CCA-31 CARTEL	87	<b>Carrera Mariela</b>	GEOQP-13 CARTEL	163
<b>Bonifaz Alfonso Roberto</b>	CCA-32 CARTEL	88	Carrera Mariela	SE06-1	252
<b>Borja Baeza Roberto Carlos</b>	SE06-7	254	Carrera Mariela	SE06-25	262
Bornstein Robert	CCA-24	85	Carrillo Laura E.	OCE-28 CARTEL	183
Bortolotti Villalobos Alberto	GGA-6	142	<b>Carrillo Ledesma Antonio</b>	SE09-5	285
Bortolotti Villalobos Alberto	GGA-14 CARTEL	146	Carrillo Vargas Armando	FE-5 CARTEL	107
<b>Bravo Cabrera José Luis</b>	CCA-12	81	<b>Carrillo Vargas Armando</b>	FE-6 CARTEL	107
Bravo Castellero Julian	SIS-41 CARTEL	210	Carrillo Vargas Armando	FE-7 CARTEL	107
<b>Bremer Bremer Martin H.</b>	SE06-27	263	Carrillo Vargas Armando	FE-8 CARTEL	108
Bretón González Mauricio	VUL-1	214	Carrillo Vargas Armando	FE-9 CARTEL	108
Bretón González Mauricio	SE08-10	279	Carrillo Vargas Armando	FE-10 CARTEL	108
<b>Brito Castillo Luis</b>	CCA-2	78	Carrillo Vargas Armando	FE-11 CARTEL	109
<b>Brito Castillo Luis</b>	CCA-10	80	Carrillo Vargas Armando	FE-13 CARTEL	109
Brito Castillo Luis	SE06-10	255	Carrquiry José	OCE-24 CARTEL	181
<b>Burkett Erin</b>	SE05-6	248	Carrquiry José	SE16-3	337
<b>Burlak Gennadiy</b>	FE-4	106	Casillas Pérez Gilberto	FE-6 CARTEL	107
Burrola Sánchez Sara	SE06-10	255	Casillas Pérez Gilberto	FE-8 CARTEL	108
Caballero Margarita	SE12-2	310	<b>Casillas Pérez Gilberto</b>	FE-11 CARTEL	109
Caballero Miranda Cecilia	GOPAL-17 CARTEL	153	Castelán Pescina Gilberto	SE08-13	280
<b>Caballero Miranda Cecilia</b>	GOPAL-21 CARTEL	154	Castillo Gómez Luisa Fernanda	SIS-27	205
Caballero Miranda Cecilia	SE11-13	302	Castillo Maldonado Mariana	SE01-8	228
Caballero Miranda Cecilia	SE11-18 CARTEL	304	Castillo Román José	EG-5	97
Caballero Miranda Cecilia	SE11-24 CARTEL	306	<b>Castillo Román José</b>	SE06-5	253
Cabral Cano Enrique	EG-19 CARTEL	102	<b>Castillo Román José</b>	SE06-6	254
<b>Cabral Cano Enrique</b>	SE03-3	237	Castro Escamilla Raúl	SIS-4	197
Cabral Cano Enrique	SE03-12 CARTEL	240	<b>Castro Escamilla Raúl</b>	SE08-2	276
Cabral Cano Enrique	SE04-1	242	Castro Escamilla Raúl	SE08-3	276
Cadoux Anita	GEOQP-2	158	<b>Castro Escamilla Raúl</b>	SE08-4	277
Cadoux Anita	GEOQP-11 CARTEL	162	Castro Parra Gerardo	SE08-14	281
Cadoux Anita	GEOQP-12 CARTEL	163	Castro Renato	VUL-23 CARTEL	222
Caetano Ernesto	CCA-15	82	Castro Romero Telma	CCA-26	86
Caetano Ernesto	CCA-24	85	Castro Romero Telma	SE12-14	314
<b>Caetano Ernesto</b>	SE06-20	259	Castro Romero Telma	SE12-20 CARTEL	316
<b>Calderón Bustamante Oscar</b>	OCE-21	181	Cebriá José María	SE07-3	273
Calles Montaña Jesus Daniel	SED-5	191	Cerca Mariano	SE02-2	232
<b>Calvillo Canadell Laura</b>	PALEO-2	186	Cerca Mariano	SE02-3	232
<b>Calvo Rathert Manuel</b>	GOPAL-7	150	Cerca Mariano	SE03-1	236
<b>Calvo Rathert Manuel</b>	SE11-16 CARTEL	303	<b>Cerca Mariano</b>	SE10-1	292
Calvo Rathert Manuel	SE11-25 CARTEL	306	Cerón Fernández Alejandro	EG-16	101
Camacho Pérez Vianey Edaly	FE-14 CARTEL	110	<b>Cerón Fernández Alejandro</b>	EG-23 CARTEL	104
Camacho Ramírez Erik	OCE-29 CARTEL	184	Cervantes Acosta Patricia	SE12-16	315
<b>Camalich Carpizo Jaime</b>	OCE-8	176	Cervantes Corona Jorge	SED-3	190
Camalich Carpizo Jaime	SE16-3	337	Cervantes Corona Jorge	SED-4	191
Cámara Moral María	SE11-4	299	<b>Cervantes De la Torre Francisco</b>	SE04-5	243
Campillo Castelo Alberto	GEOQP-6	160	Cervantes Hernández Pedro	OCE-25 CARTEL	182
Campillo Michel	SIS-33 CARTEL	207	Cervantes Pérez Juan	CCA-1	78
Campos Enríquez José Oscar	EG-13	100	Cervantes Pérez Juan	CCA-11	81
Campos Enríquez José Oscar	EG-15	101	Cevallos Ferriz Sergio	PALEO-3	186
Campos Enríquez José Oscar	GGA-4	141	Chapa Arce Rosbell Ivan	SE06-37 CARTEL	267
Campos Enríquez José Oscar	GGA-5	142	<b>Chapa Guerrero José Rosbel</b>	SE06-14	257
Campos Enríquez José Oscar	GOPAL-20 CARTEL	154	Chapa Guerrero José Rosbel	SE06-37 CARTEL	267
<b>Campos Gaytán José Rubén</b>	GEOH-7	123	<b>Chapela Lara María</b>	GEOQP-4	159
Campos Ramos Arturo	CCA-22	84	Chapela Lara María	SE07-4	273
Camprubí Antoni	MIN-3	169	Chapela Lara María	SE18-5	352
Camprubí Antoni	MIN-4	169	Chapela Lara María	SE18-7	352
Camprubí Antoni	OCE-10	177	Chapman Alan	VUL-10	217
Canales Rubiales Erasto	SE02-4	233	Chauvin Annick	SE11-14	303
Candela Pérez Julio	OCE-23	181	Chávez Aguirre Rafael	GEOH-9 CARTEL	123
Canet Miguel Carles	MIN-3	169	Chávez Aguirre Rafael	GGA-7 CARTEL	143
Canet Miguel Carles	OCE-10	177	Chávez Alegría Omar	FE-13 CARTEL	109
Canet Miquel Carles	MIN-4	169	Chávez Cabello Gabriel	GEOQP-7	161
<b>Carabali Sandoval Giovanni</b>	CCA-26	86	Chávez Cabello Gabriel	SED-3	190
Carbajal Noel	CCA-22	84	Chávez Comparan J. C.	SE06-41 CARTEL	269
Cárdenas Monroy Caridad	SIS-40 CARTEL	210	Chávez Dagostino Rosa M.	SE10-2	292
Cárdenas Monroy Caridad	SE08-8	278	Chávez García Francisco	SIS-5	197
Cárdenas Monroy Caridad	SE17-9	343	Chávez García Francisco	SIS-7	198

Chávez García Francisco	SIS-9	199	Delgado Argote Luis A.	SE03-7	238
Chávez García Francisco	SE03-9	239	Delgado Granados Hugo	VUL-13	219
Chávez Ortiz Ernesto	OCE-17	180	Dévora Isirdia Germán Eduardo	SE17-12	344
Chávez Segura René	GGA-5	142	Díaz Bravo Beatriz A.	GEOQP-4	159
<b>Chávez Segura René</b>	SE11-4	299	Díaz Bravo Beatriz A.	SE07-4	273
Chehbouni Adelghani	SE13-4	321	<b>Díaz Bravo Beatriz A.</b>	SE18-7	352
Chelnokov Georgy	VUL-16 CARTEL	219	<b>Díaz Castro Sara Cecilia</b>	SE06-10	255
Chi Peter	FE-12 CARTEL	109	Díaz Héctor	SE06-1	252
Cienfuegos Alvarado Edith	SE12-4	311	Díaz Hernández Ciro de la C.	GEOD-6	113
Cifuentes Nava Gerardo	SE04-1	242	Díaz Hernández Ciro de la C.	GEOD-12 CARTEL	115
<b>Cifuentes Nava Gerardo</b>	SE08-9	279	Díaz Molina Oscar	EG-19 CARTEL	102
Clayton Robert	SIS-10	199	Díaz Molina Oscar	SE03-3	237
Clayton Robert	SIS-11	199	Díaz Molina Oscar	SE03-12 CARTEL	240
Clayton Robert	SE08-5	277	Díaz Rodolfo	SE03-1	236
<b>Clayton Robert</b>	SE08-6	278	Díaz de Cossio Batani Guillermo	SE03-2	236
Coconi Morales Enrique	GP-5	129	<b>Dionicio Lozano Viviana</b>	SIS-27	205
<b>Coconi Morales Enrique</b>	GP-6	130	Domínguez Mancera Belisario	SE12-16	315
Coconi Morales Enrique	GP-7	130	<b>Domínguez Morales Leobardo</b>	SE06-2	252
<b>Coconi Morales Enrique</b>	GP-8 CARTEL	130	<b>Domínguez Reyes Tonatiuh</b>	VUL-22 CARTEL	222
Colmenero Sujo Luis	GEOH-9 CARTEL	123	Domínguez Reyes Tonatiuh	SE05-1	246
Colmenero Sujo Luis	GGA-7 CARTEL	143	Dórame Santacruz Francisco A.	EG-8	98
Colorado Ruíz Gabriela	SE12-18 CARTEL	315	Dórame Santacruz Francisco A.	EG-21 CARTEL	103
Conde Álvarez Cecilia	SE12-6	311	<b>Duque Trujillo José Fernando</b>	GEOQP-15 CARTEL	164
<b>Conde Álvarez Cecilia</b>	SE12-9	312	Dworak Robinson Juan	OCE-1	174
Conde Álvarez Cecilia	SE12-10	313	Eliás Herrera Mariano	GEOQP-3	159
<b>Conde Álvarez Cecilia</b>	SE12-12	313	Eliás Herrera Mariano	SE07-2	272
Conde Álvarez Cecilia	SE12-13	314	<b>Eliás Herrera Mariano</b>	SE18-3	351
Conde Álvarez Cecilia	SE12-15	314	Escalona Alcazar Felipe de Jesús	GEOH-3	121
Conde Álvarez Cecilia	SE12-18 CARTEL	315	<b>Escalona Alcazar Felipe de Jesús</b>	GEOQP-5	160
Conde Álvarez Cecilia	SE12-19 CARTEL	316	Escobar Algarín Aaron	GGA-1	140
Conde Álvarez Cecilia	SE12-20 CARTEL	316	Escobar Briones Elva	EG-17	101
Conde Álvarez Cecilia	SE12-21 CARTEL	316	Escobar Briones Elva	EG-24 CARTEL	104
Contreras Hernández Ana Delia	CCA-9	80	Escobar Briones Elva	GP-2	128
<b>Contreras Pérez Juan</b>	SE02-1	232	<b>Escobedo Molina Jorge</b>	EG-13	100
Contreras Ruiz Esparza Moisés	SE09-8	286	Esparza Hernández Francisco	EG-7	98
<b>Contreras Trejo Iván</b>	SE09-2	284	<b>Esparza Hernández Francisco</b>	EG-25 CARTEL	104
<b>Corbo Camargo Fernando</b>	EG-14	100	Esparza Ponce Hilda	MIN-1	168
<b>Corbo Camargo Fernando</b>	EG-15	101	<b>Espinosa Aranda Juan Manuel</b>	SE01-6	227
Corbo Camargo Fernando	GET-6	136	<b>Espinoza Mladonado Inocente</b>	GEOQP-6	160
<b>Cordero Tercero María Guadalupe</b>	SE17-14	345	<b>Espíritu Tlatempa Gloria</b>	SE06-26	262
Córdoba Barba Diego	SE01-2	226	Estrada Arreola Juan Cecilio	FE-14 CARTEL	110
Córdoba Malibrán Erich	SE06-34 CARTEL	266	<b>Estrada Cajigal Ramírez Vicente</b>	SE09-15 CARTEL	289
<b>Córdoba Montiel Francisco</b>	SIS-29	205	Estrada Castillo Jorge	SE08-8	278
Córdoba Montiel Francisco	SE06-34 CARTEL	266	Estrada Porrúa Francisco	CCA-12	81
Corona Chávez Pedro	SE11-10	301	<b>Estrada Porrúa Francisco</b>	SE12-6	311
Corona Chávez Pedro	SE18-6	352	Estrada Porrúa Francisco	SE12-9	312
Corona Chávez Pedro	SE18-10 CARTEL	354	<b>Estrada Porrúa Francisco</b>	SE12-10	313
<b>Coronado Mendez Cesar</b>	OCE-23	181	<b>Estrada Ruiz Emilio</b>	PALEO-3	186
Corrales Cruz José J.	EG-8	98	Estradas Alejandro	OCE-10	177
Corrales Cruz José J.	EG-21 CARTEL	103	Etchevers Jorge	SE12-4	311
<b>Cortés Arroyo Olaf</b>	EG-5	97	<b>Eulogio Luna Bonifacio</b>	SE06-35 CARTEL	266
<b>Cortes Plata José Luis</b>	GP-5	129	Falcón Álvarez Tatiana	SE11-6	300
Cortina Sierra Lucila	SE17-18 CARTEL	347	Farfán Sánchez Francisco Javier	SIS-31	206
<b>Cortina Urrutia Lucila Margarita</b>	SE14-17 CARTEL	329	Farfán Sánchez Francisco Javier	SE03-2	236
Cortina Urrutia Lucila Margarita	SE17-7	342	Farfán Sánchez Francisco Javier	SE08-1	276
<b>Cortina Urrutia Lucila Margarita</b>	SE17-16 CARTEL	346	Farreras Sanz Salvador	SE01-10 CARTEL	229
<b>Cruz Atienza Víctor M.</b>	SE09-6	286	Faulques Eric	MIN-2	168
Cruz Cervantes José Luis	SE08-8	278	<b>Felipe Matías Jorge Humberto</b>	FE-14 CARTEL	110
<b>Cruz Jiménez Hugo</b>	SIS-5	197	Felix García Jesús Antonio	GEOD-11 CARTEL	115
<b>Cruz Melo Carlos E.</b>	GP-3	129	Fernández Eguarte Agustín	CCA-14	82
<b>Cruz Pastrana Daniela</b>	CCA-15	82	<b>Fernández Eguarte Agustín</b>	SE12-8	312
<b>Cruz Pliego Miguel Angel</b>	SE09-13	288	<b>Fernández Heredia Avelina Idalmis</b>	SIS-4	197
Cuéllar Martínez Armando	SE01-6	227	Ferrari Luca	GEOQP-15 CARTEL	164
Cuenca Sánchez Julio	SIS-12	200	<b>Ferrari Luca</b>	VUL-9	217
Cummins Kenneth	CCA-39 CARTEL	90	<b>Ferrari Luca</b>	SE05-2	246
Cundy Andrew	SE06-33 CARTEL	265	Ferrari Luca	SE05-8 CARTEL	248
Cupul Magaña Amilcar L.	SE10-2	292	Ferrari Luca	SE07-1	272
Dando Paul	OCE-10	177	<b>Ferrari Luca</b>	SE10-3	292
<b>Dávalos Elizondo María Guadalupe</b>	GEOQP-3	159	Ferrer Perdomo Rosa María	SE12-12	313
Dávalos Elizondo María Guadalupe	SE07-2	272	Ferrer Perdomo Rosa María	SE12-18 CARTEL	315
Dávalos Sotelo Raymundo	SIS-6	197	Figueroa Correa Gerardo	GP-4	129
Dávalos Sotelo Raymundo	SIS-19	202	<b>Figueroa Pineda Haidit</b>	SE06-25	262
Dávila Ignacio	GGA-7 CARTEL	143	Figueroa Soto Angel	SIS-18	201
De León Gómez Héctor	GGA-12 CARTEL	145	<b>Figueroa Soto Angel</b>	SIS-20	202
De la Cruz Galarza Nimrod Adán	OCE-29 CARTEL	184	Filatov Denis	SE09-9	287
De la Garza Aguilar Rodrigo	GEOH-9 CARTEL	123	<b>Filatov Denis</b>	SE09-10	287
De la O Villanueva Margarita	GGA-11 CARTEL	145	Filonov Anatoliy	CCA-2	78
<b>De la Rosa Rodríguez Genaro</b>	GEOH-11 CARTEL	124	Filonov Anatoliy	CCA-10	80
<b>De los Santos Cano Gabriela</b>	SE10-10 CARTEL	295	<b>Filonov Anatoliy</b>	OCE-7	176
Dekkers Mark	GEOPAL-8	150	<b>Filonov Anatoliy</b>	OCE-18	180
Del Monte Luna Pablo	SE16-3	337	<b>Filonov Anatoliy</b>	OCE-19	180
Delgado Argote Luis A.	GET-2	134	Filonov Anatoliy	OCE-28 CARTEL	183
<b>Delgado Argote Luis A.</b>	GET-3	135	Flores Alcalá Montserrat	SE08-11	279
Delgado Argote Luis A.	GEOQP-5	160	<b>Flores Estrella Hortencia C.</b>	SIS-1	196
Delgado Argote Luis A.	GEOQP-14 CARTEL	164	Flores Flores Alfredo	SE14-3	324

<b>Flores Luna Carlos</b>	EG-11	99	Gay García Carlos	SE12-9	312
Flores Márquez Leticia	SE04-2	242	Gay García Carlos	SE12-15	314
<b>Flores Márquez Leticia</b>	SE10-8	294	Georgi Rodorico	SE11-6	300
<b>Flores Ruíz Jesús Hernán</b>	GEOH-10 CARTEL	124	Gervilla Linares Fernando	MIN-4	169
Flores Vélez Luisa Ma.	GGA-1	140	Getino Granados Fernando	SE11-18 CARTEL	304
<b>Franco Garces Héctor Alejandro</b>	GOPAL-4	149	Glowacka Ewa	SIS-42 CARTEL	210
Franco Rubio Miguel	GEOH-9 CARTEL	123	<b>Glowacka Ewa</b>	SE03-2	236
<b>Franco Sánchez Sara Ivonne</b>	SIS-40 CARTEL	210	Gochis David	SE13-2	320
Franco Sánchez Sara Ivonne	SE01-11 CARTEL	229	Godínez García Veronica	PALEO-1	186
Franco Sánchez Sara Ivonne	SE08-8	278	<b>Godínez Orta Lucio</b>	OCE-15	179
Franco Sánchez Sara Ivonne	SE17-9	343	Godínez Orta Lucio	SED-1	190
<b>Fregoso Becerra Emilia</b>	EG-9	99	Godínez Orta Lucio	SED-2	190
<b>Frez Cárdenas José</b>	SE02-5	233	Gogichaishvili Avto	GGA-13 CARTEL	146
Fritsch Emmanuel	MIN-2	168	Gogichaishvili Avto	GOPAL-2	148
Fuentes Cobas Luis	MIN-1	168	Gogichaishvili Avto	GOPAL-3	148
<b>Fuentes García Miguel</b>	CCA-27	86	Gogichaishvili Avto	GOPAL-4	149
Galaviz Alonso Alberto	SE10-11 CARTEL	296	Gogichaishvili Avto	GOPAL-6	149
Gallardo Delgado Luis Alonso	EG-9	99	Gogichaishvili Avto	GOPAL-7	150
Gallegos García Artemio	OCE-21	181	Gogichaishvili Avto	GOPAL-9	150
Galván Chávez Leticia	GEOH-11 CARTEL	124	Gogichaishvili Avto	GOPAL-10	150
<b>Galván Ortiz Luis Manuel</b>	CCA-35 CARTEL	89	Gogichaishvili Avto	GOPAL-24 CARTEL	155
Gálvez Valdéz Jesús Oscar	SIS-31	206	Gogichaishvili Avto	SE11-8	300
Gálvez Valdéz Jesús Oscar	SE08-1	276	Gogichaishvili Avto	SE11-10	301
Gálvez Valdéz Jesús Oscar	SE08-16 CARTEL	281	<b>Gogichaishvili Avto</b>	SE11-12	302
Gamboza Cabezas Luis M.	SE11-18 CARTEL	304	Gogichaishvili Avto	SE11-13	302
Garatuza Payán Jaime	SE13-2	320	Gogichaishvili Avto	SE11-14	303
<b>Garatuza Payán Jaime</b>	SE13-3	320	Gogichaishvili Avto	SE11-15	303
Garatuza Payán Jaime	SE13-4	321	Gogichaishvili Avto	SE11-16 CARTEL	303
<b>García Amador Bernardo</b>	SE14-16	329	Gogichaishvili Avto	SE11-17 CARTEL	303
<b>García Amador Bernardo</b>	SE17-3	340	Gogichaishvili Avto	SE11-21 CARTEL	305
<b>García Arreola María Elena</b>	GGA-1	140	Gogichaishvili Avto	SE11-23 CARTEL	305
García García Fernando	CCA-20	83	Gogichaishvili Avto	SE11-26 CARTEL	306
<b>García García Fernando</b>	CCA-21	84	Gómez Flores Silvia	GEOQP-17 CARTEL	165
García García Miguel Angel	GEOQP-10 CARTEL	162	<b>Gómez Flores Silvia</b>	GEOQP-18 CARTEL	166
García González Armando	SE01-6	227	Gómez Gallardo Alejandro	OCE-6	175
García Hernández Jesus	GET-8 CARTEL	137	Gómez González Juan Martín	GET-5	136
García Herraiz Ana	SE01-2	226	Gómez González Juan Martín	SIS-8	198
<b>García Jiménez Daniel</b>	SE01-8	228	<b>Gómez González Juan Martín</b>	SIS-18	201
<b>García Jiménez Daniel</b>	SE17-2	340	Gómez González Juan Martín	SIS-35 CARTEL	208
<b>García López Ramón Victorino</b>	GEOD-3	112	Gómez González Juan Martín	SIS-39 CARTEL	210
García López Ramón Victorino	GEOD-4	113	Gómez González Juan Martín	SE05-1	246
García López Ramón Victorino	GEOD-5	113	Gómez González Juan Martín	SE14-1	324
García López Ramón Victorino	GEOD-6	113	<b>Gómez Lizárraga Laura Elena</b>	OCE-26 CARTEL	182
<b>García López Ramón Victorino</b>	GEOD-10 CARTEL	115	<b>Gómez Mendoza Leticia</b>	CCA-4	79
García López Ramón Victorino	GEOD-11 CARTEL	115	<b>Gómez Ramírez Mario</b>	CCA-40 CARTEL	91
García López Ramón Victorino	GEOD-13 CARTEL	116	Gómez Salazar Sergio	CCA-27	86
<b>García Morales Ricardo</b>	OCE-6	175	Gómez Treviño Enrique	EG-7	98
García Morales Ricardo	OCE-11	177	Gómez Treviño Enrique	EG-25 CARTEL	104
García Morales Ricardo	OCE-13	178	Gómez Tuena Arturo	SE07-2	272
García Morales Ricardo	OCE-17	180	Gómez Valdés José	OCE-1	174
García Palomo Armando	SIS-21	203	González Alejandro Adriana Guadalupe	GEOQP-7	161
<b>García Pérez Leticia</b>	SE03-12 CARTEL	240	González Blanco Sergio	SE15-4 CARTEL	333
García Puente Daniel Martín	SE06-37 CARTEL	267	González Bolón Francisco	SE17-12	344
<b>García Rangel Gerardo</b>	SE06-40 CARTEL	268	<b>González Cárdenas J. Rubén</b>	SE06-39 CARTEL	268
García Reynoso Agustín	CCA-24	85	<b>González Chavarín I.</b>	SE06-41 CARTEL	269
García Reynoso Agustín	CCA-25	85	<b>González Enríquez Rodrigo</b>	SE17-12	344
García Tenorio Felipe	VUL-21 CARTEL	222	González Escárrega José Luis	SE17-6	342
García Tovar Gloria P.	GEOQP-2	158	González Escobar Mario	GET-1	134
<b>García Tovar Gloria P.</b>	GEOQP-12 CARTEL	163	González Esparza Américo	FE-6 CARTEL	107
García Vallés Maite	MIN-3	169	González Esparza Américo	FE-8 CARTEL	108
<b>García Zepeda María Luisa</b>	PALEO-1	186	González Esparza Américo	FE-9 CARTEL	108
Garcidiego Ana	VUL-6	215	González Esparza Américo	FE-10 CARTEL	108
Garcidiego Ana	SE06-1	252	González Esparza Américo	FE-11 CARTEL	109
Gardine Mathew	VUL-22 CARTEL	222	González Esparza Américo	SE08-9	279
Gardner Jim	VUL-19 CARTEL	221	González Flores Ernesto	OCE-29 CARTEL	184
Garduño López René	CCA-7	80	<b>González González Rodrigo</b>	SE01-4	227
<b>Garduño López René</b>	CCA-8	80	<b>González Guevara José Luis</b>	CCA-44 CARTEL	93
Garduño Monroy Víctor Hugo	GOPAL-3	148	<b>González Hernández Galia</b>	CCA-41 CARTEL	91
Garduño Monroy Víctor Hugo	GOPAL-10	150	González Hernández Galia	SE11-8	300
Garduño Monroy Víctor Hugo	SE03-3	237	<b>González Herrera Raúl</b>	SE06-32 CARTEL	265
Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-1	252	González Moran Tomas	SE11-15	303
Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-3	253	González Navarro Juan Ignacio	OCE-5	175
Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-4	253	González Navarro Juan Ignacio	SE01-10 CARTEL	229
Garduño Monroy Víctor Hugo	SE06-40 CARTEL	268	González Ortiz Alma Abigahyl	SE10-6	294
<b>Garduño Monroy Víctor Hugo</b>	SE11-20 CARTEL	304	<b>González Ortiz Alma Abigahyl</b>	SE14-7	326
<b>Garduño Monroy Víctor Hugo</b>	SE11-28 CARTEL	307	González Partida Eduardo	MIN-4	169
<b>Garza Rocha Daniel</b>	EG-10	99	González Partida Eduardo	SE09-17 CARTEL	289
Garza Vela Luis Alberto	SE06-37 CARTEL	267	González Pomposo Guillermo Jorge	SIS-13	200
Gaskin Susan	GEOH-8	123	<b>González Pomposo Guillermo Jorge</b>	SE08-11	279
Gaviño Rodríguez Juan Heberto	OCE-11	177	<b>González Pomposo Guillermo Jorge</b>	SE08-12	280
Gaviño Rodríguez Juan Heberto	OCE-12	178	<b>González Pomposo Guillermo Jorge</b>	SE10-6	294
Gay García Carlos	CCA-12	81	González Pomposo Guillermo Jorge	SE14-2	324
<b>Gay García Carlos</b>	SE12-5	311	González Pomposo Guillermo Jorge	SE14-3	324
Gay García Carlos	SE12-6	311	González Pomposo Guillermo Jorge	SE14-6	325
Gay García Carlos	SE12-7	312	González Pomposo Guillermo Jorge	SE14-7	326

González Pomposo Guillermo Jorge	SE14-8	326	<b>Hernández Silva Gilberto</b>	SE11-19 CARTEL	304
González Pomposo Guillermo Jorge	SE14-12	328	Hernández Teodoro	SE11-5	299
González Pomposo Guillermo Jorge	SE14-16	329	Hernández Teodoro	SE18-2	350
González Pomposo Guillermo Jorge	SE17-10	343	<b>Hernández Teodoro</b>	SE18-4	351
González Rangel José Antonio	GEOH-9 CARTEL	123	Hernández Teodoro	SE18-6	352
González Rangel José Antonio	GEPAL-21 CARTEL	154	Hernández Teodoro	SE18-10 CARTEL	354
<b>González Rangel José Antonio</b>	GEPAL-23 CARTEL	155	Herraiz Sarachaga Miguel	SE01-2	226
González Rangel José Antonio	GEPAL-24 CARTEL	155	Herrera Barrientos Jaime	SE15-5 CARTEL	333
González Reyes Diana	EG-17	101	<b>Herrera Cervantes Hugo</b>	OCE-3	174
<b>González Reyes Diana</b>	EG-24 CARTEL	104	Herrera Eduardo	CCA-26	86
González Reyes Diana	GP-2	128	Herrera Muñoz Alberto	SE11-19 CARTEL	304
González Rivera Daniel	EG-6	98	<b>Herrera Oliva Claudia Soledad</b>	SIS-17	201
González Torres Enrique	SE07-4	273	<b>Herrera Revilla Ismael</b>	SE09-1	284
<b>González Torres Enrique</b>	SE18-5	352	Herrera Revilla Ismael	SE09-3	284
<b>González Verde Oscar</b>	GEOQP-19 CARTEL	166	Herrera Revilla Ismael	SE09-4	285
González Verde Oscar	SE02-4	233	Herrera Revilla Ismael	SE09-5	285
González Verde Oscar	SE03-5	237	Herrera Revilla Ismael	SE09-13	288
González Zamorano Patricia	SE06-10	255	Herrera Revilla Ismael	SE09-14	288
<b>Gradilla Martínez Luis Carlos</b>	GEOQP-10 CARTEL	162	<b>Herrera Zamarrón Graciela</b>	GEOH-6	122
<b>Graef Ziehl Federico</b>	CCA-6	79	Herrero Bervera Emilio	GEPAL-8	150
Grajales Nishimura José Manuel	GET-8 CARTEL	137	Hidalgo Claudia	SE12-4	311
<b>Grand Stephen</b>	SE05-1	246	Hinojo Alonso Norma Angélica	GGA-9 CARTEL	144
<b>Grijalva Noriega Francisco Javier</b>	SED-7	192	Hogan Patrick	OCE-2	174
<b>Grimalsky Vladimír</b>	FE-15 CARTEL	110	Horn Peter	SE11-5	299
Grimalsky Vladimír	SE04-3	243	Hrvoic Ivan	SE04-1	242
Grose Christopher	SE05-5	247	<b>Huerta Garnica Benjamín</b>	SE06-28	263
Grutter Michel	CCA-7	80	Huerta López Carlos	SIS-4	197
Grutter Michel	CCA-33 CARTEL	88	Huerta López Carlos	SIS-25	204
Grutter Michel	VUL-14	219	Huerta López Carlos	SE08-3	276
Guerra Vázquez José César	FE-14 CARTEL	110	Huerta López Carlos	SE08-4	277
<b>Guevara Ortíz Enrique</b>	SE01-1	226	<b>Huesca Pérez Eduardo</b>	SIS-21	203
<b>Guevara Ortíz Enrique</b>	SE06-31	264	Hurtado Díaz Alejandro	SE08-4	277
<b>Guevara Ortíz Enrique</b>	SE08-13	280	Husker Allen	SE08-5	277
Guillen Patiño Karen Chantal	SE06-8	254	Ibarra Martínez Sergio Eduardo	SE06-37 CARTEL	267
Guinovart Díaz Raul	SIS-41 CARTEL	210	Ibarrola Álvarez Gerardo	SE01-6	227
<b>Gutiérrez Anima Arizbé Alexandra</b>	SE15-5 CARTEL	333	Iglesias Arturo	SIS-10	199
Gutiérrez Calderón Raúl	SE03-1	236	Iglesias Arturo	SIS-11	199
Gutiérrez Cleso	FE-6 CARTEL	107	Iglesias Arturo	SIS-29	205
<b>Gutierrez Rodriguez Ricardo</b>	SE14-6	325	Iglesias Arturo	SE01-5	227
Gutierrez de Velasco Sanroman Guillermo	OCE-3	174	Iglesias Arturo	SE01-8	228
Guzmán Galindo Tiojari Dagoberto	GEOD-3	112	<b>Iglesias Arturo</b>	SE01-11 CARTEL	229
<b>Guzmán López Adair</b>	SE02-4	233	Iglesias Arturo	SE08-5	277
Guzmán Marco	SIS-35 CARTEL	208	Iglesias Arturo	SE17-9	343
Guzmán Marco	SE05-1	246	Inguaggiato Salvo	SE05-3	246
<b>Guzmán Marco</b>	SE05-9 CARTEL	249	Inzunza Romero Luis	SE08-2	276
<b>Hartmann Gelvam</b>	SE11-21 CARTEL	305	Inzunza Romero Luis	SE08-4	277
Herguera Juan Carlos	OCE-9	177	Iriondo Alexander	GEOQP-6	160
<b>Herguera Juan Carlos</b>	SE12-1	310	Iriondo Alexander	VUL-11	218
Hernández Madrigal Víctor Manuel	SE06-25	262	<b>Islas Herrera Mario</b>	SE17-6	342
<b>Hernández Alcántara Teófilo</b>	VUL-21 CARTEL	222	Islas Vázquez Roberto	SE01-6	227
Hernández Beltrán Antonio	SE12-16	315	Israde Alcantara Isabel	SE11-20 CARTEL	304
Hernández Bernal Maria del Sol	SE11-15	303	Israde Alcantara Isabel	SE11-28 CARTEL	307
Hernández Elizabeth	SE16-1	336	Israde Alcantara Isabel	SE12-2	310
<b>Hernández Espriu Antonio</b>	GEOH-1	120	Ivanov Víctor	MIN-2	168
<b>Hernández García Guillermo</b>	SE09-11	287	Izaguirre Váldez Fátima	GGA-12 CARTEL	145
Hernández García Guillermo	SE09-13	288	Jack Tzeng Zhijie	SED-4	191
<b>Hernández Hernández Héctor</b>	SE17-11	344	Jacobson C. E.	SED-8	193
<b>Hernández Hernández Héctor</b>	SE17-13	345	<b>Jacques Ayala César</b>	SED-8	193
Hernández Hernández Javier	SIS-6	197	Jacques Ayala César	SE08-4	277
Hernández Hernández Javier	SIS-19	202	Jaeger Jean Jacques	GEPAL-11	151
Hernández Jose Luis	CCA-31 CARTEL	87	Jaimes María del Carmen	SE06-1	252
Hernández Juárez Dennise	SE06-6	254	<b>Jaimes Téllez Miguel A.</b>	SE06-23	261
Hernández Lalothe Noel	GEOH-2	120	<b>Jarquín Javier Yazmin</b>	CCA-42 CARTEL	92
Hernández Lalothe Noel	GEOH-4	121	<b>Jáuregui Ostos Ernesto</b>	CCA-3	78
<b>Hernández López Liz Edith</b>	CCA-30 CARTEL	87	Jazcilevich Diamant Aron	CCA-24	85
Hernández Madrigal Víctor Manuel	SE03-3	237	Jenchen Uwe	GEOQP-7	161
Hernández Madrigal Víctor Manuel	SE06-1	252	<b>Jenchen Uwe</b>	GEOQP-16 CARTEL	165
<b>Hernández Madrigal Víctor Manuel</b>	SE06-3	253	<b>Jenchen Uwe</b>	SED-9 CARTEL	193
<b>Hernández Madrigal Víctor Manuel</b>	SE06-4	253	<b>Jerónimo Díaz Héctor Miguel</b>	SE06-12	256
Hernández Madrigal Víctor Manuel	SE06-12	256	Jeyakumar Solay	FE-10 CARTEL	108
Hernández Madrigal Víctor Manuel	SE06-40 CARTEL	268	Jeyakumar Solay	FE-11 CARTEL	109
Hernández Madrigal Víctor Manuel	SE11-20 CARTEL	304	Jeyapalam Selvanayagam A.	FE-10 CARTEL	108
Hernández Méndez Gianna	VUL-10	217	<b>Jiménez Barroso Janet</b>	SIS-13	200
Hernández Mogollán Héctor	OCE-29 CARTEL	184	Jiménez Barroso Janet	SE08-11	279
Hernández Montserrat	VUL-9	217	Jiménez Barroso Janet	SE08-12	280
<b>Hernández Olivares Aldo Omar</b>	CCA-16	82	Jiménez Barroso Janet	SE17-10	343
<b>Hernández Pérez José Antonio</b>	GET-1	134	Jiménez Castañeda Martha Elena	GGA-6	142
Hernández Quintero Esteban	EG-19 CARTEL	102	Jiménez Castañeda Martha Elena	GGA-14 CARTEL	146
Hernández Quintero Esteban	GEOH-10 CARTEL	124	Jiménez Cruz Casiano	SIS-40 CARTEL	210
<b>Hernández Quintero Esteban</b>	GEPAL-20 CARTEL	154	Jiménez Cruz Casiano	SE08-8	278
Hernández Quintero Esteban	SE03-3	237	Jiménez González Carlos Orlando	SIS-3	197
<b>Hernández Quintero Esteban</b>	SE04-1	242	<b>Jiménez Guerrero Martín</b>	GP-4	129
Hernández Quintero Esteban	SE08-9	279	Jiménez Hernández Sergio	OCE-22	181
<b>Hernández Silva Gilberto</b>	GGA-8 CARTEL	143	<b>Jiménez Hernández Sergio</b>	SE01-9 CARTEL	228
Hernández Silva Gilberto	GGA-9 CARTEL	144	Jiménez Illescas Angel Rafael	OCE-11	177

Jiménez Illescas Angel Rafael	OCE-12	178	López Méndez Valentín	OCE-20	180
Jiménez Illescas Angel Rafael	OCE-13	178	<b>López Montes Rebeca</b>	FE-13 CARTEL	109
<b>Jiménez Illescas Angel Rafael</b>	OCE-16	179	López Moreno Manuel	GEOOD-11 CARTEL	115
Jiménez Jiménez Zenón	SE08-7	278	López Moreno Manuel	GEOOD-13 CARTEL	116
Jiménez Suárez Gabriel	SE14-12	328	López Moya Armando	EG-11	99
Juárez Hernández Nazarely	SE17-6	342	López Pineda Leobardo	SIS-25	204
Juárez López Karla	GEOQP-2	158	López Realpozo Juan	SIS-41 CARTEL	210
Juárez López Karla	GEOQP-11 CARTEL	162	López Rocha Ismael	EG-10	99
Juárez Rueda Patricia	GET-3	135	<b>López Rojas Mario</b>	VUL-2	214
<b>Juárez Rueda Patricia</b>	GEOQP-14 CARTEL	164	López Ruiz José	SE07-3	273
<b>Juárez Sánchez Faustino</b>	GEOQP-8	161	López Salvador Juan	SE06-6	254
Kim YoungHee	SIS-10	199	<b>López Tellez Juan Manuel</b>	SE11-25 CARTEL	306
Komatitsch Dimitri	SE09-7	286	<b>López Valdivia Erika Nallely</b>	SIS-39 CARTEL	210
Koshevaya Svetlana	FE-15 CARTEL	110	López Valdivia Erika Nallely	SE14-6	325
Koshevaya Svetlana	SE04-3	243	López Zepeda Alejandro	OCE-22	181
Kostoglodov Vladimir	SE06-33 CARTEL	265	<b>Lounejeva Baturina Elena</b>	SE12-4	311
Kotsarenko Anatoliy	FE-5 CARTEL	107	Lowag Jens	GGA-12 CARTEL	145
Kotsarenko Anatoliy	FE-13 CARTEL	109	Loza Santos Irene	GEOOD-11 CARTEL	115
Kotsarenko Anatoliy	FE-15 CARTEL	110	Lozada García Antonio	SE10-11 CARTEL	296
Kotsarenko Anatoliy	GGA-12 CARTEL	145	Lozano Juárez Mónica	SE12-9	312
<b>Kotsarenko Anatoliy</b>	SE04-3	243	<b>Lozano Juárez Mónica</b>	SE12-21 CARTEL	316
Kretzschmar Thomas	GEOH-7	123	<b>Lozano Rufino</b>	GEOQP-1	158
<b>Kretzschmar Thomas</b>	SE10-7	294	Lozano Rufino	GEOQP-9 CARTEL	161
Kristoff Daniel	GGA-8 CARTEL	143	Lozano Rufino	SE12-2	310
Krivoshaya Konstantin	GGA-12 CARTEL	145	Lozano Socorro	SE12-2	310
<b>Ktenidou Olga Joan</b>	SIS-7	198	<b>Lugardo Zamora Ivonne</b>	GP-7	130
Kurtz Stanley	FE-6 CARTEL	107	Lumbreras Flores Jonathan	SE08-12	280
L. Bandy William	GP-3	129	Luna Munguía Manuel	SIS-30	206
Ladah Lydia	OCE-7	176	Luque Vergara Nestor	SIS-8	198
<b>Lailson Tinoco Becket</b>	SE11-27 CARTEL	306	Luque Vergara Nestor	SIS-18	201
Lara Lara J. Rubén	OCE-4	175	<b>Luque Vergara Néstor</b>	SIS-22	203
<b>Lara Sánchez Alejandro</b>	FE-2	106	Machain Castillo María Luisa	OCE-25 CARTEL	182
Lara Sánchez Alejandro	SE08-9	279	Macías José Luis	VUL-4	215
Lavín Miguel	OCE-7	176	Macías José Luis	VUL-5	215
Lázares De la Rosa Fernando	SE03-10	239	Macías José Luis	VUL-19 CARTEL	221
<b>Lemus Alarcón Oscar Roberto</b>	SE06-37 CARTEL	267	Macías José Luis	VUL-20 CARTEL	221
Leon Monzon Ildefonso	SIS-25	204	Macías José Luis	VUL-21 CARTEL	222
Lermo Samaniego Javier	SIS-38 CARTEL	209	Macías José Luis	SE06-36 CARTEL	267
Lermo Samaniego Javier	SE03-8	238	Macías Moreno Marco Antonio	SE10-11 CARTEL	296
<b>Lermo Samaniego Javier</b>	SE03-10	239	Macías Romo Consuelo	SE07-2	272
Lesage Philippe	SE14-5	325	Macías Romo Consuelo	SE18-3	351
Lettenmaier Dennis	SE06-22	261	<b>Maciel Peña Rafael</b>	GEOPAL-10	150
Levchenko Oleg	GGA-12 CARTEL	145	<b>Madec Ronan</b>	SE09-7	286
Levresse Gilles	GEOQP-17 CARTEL	165	<b>Madrid González Juan</b>	SIS-24	204
Levresse Gilles	GEOQP-18 CARTEL	166	<b>Magaloni Kerpel Diana</b>	SE11-6	300
<b>Leyva Contreras Amando</b>	SE01-12 CARTEL	229	Magaña Rueda Víctor	CCA-4	79
Leyva Soberanis Regino	SIS-38 CARTEL	209	Magaña Rueda Víctor	CCA-5	79
Lezama Cervantes C.	SE06-41 CARTEL	269	Magaña Rueda Víctor	CCA-19	83
Licona Sánchez Julio César	OCE-29 CARTEL	184	Magaña Rueda Víctor	OCE-27 CARTEL	183
<b>Limaymanta Mendoza Felicita Marlene</b>	SE03-8	238	Magaña Rueda Víctor	SE06-20	259
Limaymanta Mendoza Felicita Marlene	SE03-10	239	Magaña Rueda Víctor	SE06-21	260
<b>Limón Hernández Cecilia</b>	VUL-20 CARTEL	221	Magaña Rueda Víctor	SE06-39 CARTEL	268
Lluch Daniel	OCE-3	174	<b>Malagón Montalvo Arturo</b>	EG-3	96
Lluch Daniel	SE16-3	337	Maldonado Caballero Samuel	SE01-6	227
Lluch Salvador	OCE-3	174	Maldonado Leal Manuel Ángel	GEOQP-16 CARTEL	165
Lobato Sanchez Rene	SE06-22	261	Mamani Paco Rubén	CCA-26	86
Lona Zárate Luz María	GEOH-9 CARTEL	123	Manea Marina	SE05-2	246
Longoria Jose	SED-5	191	Manea Marina	SE05-7	248
López Álvarez Briseida	GEOH-6	122	<b>Manea Marina</b>	SE14-4	325
López Álvarez Briseida	SE15-1	332	Manea Vlad Constantin	SE05-2	246
López Arias Didier	SE06-19	259	<b>Manea Vlad Constantin</b>	SE05-7	248
Lopez Cantero Carlos	SE14-17 CARTEL	329	<b>Mansilla Elizabeth</b>	SE12-17 CARTEL	315
<b>López Cerda Patricia</b>	VUL-23 CARTEL	222	<b>Manzanilla Linda</b>	SE11-1	298
<b>López Cervantes Héctor Abel</b>	EG-20 CARTEL	103	Manzanilla Linda	SE11-5	299
López Cruz Abeyro José	FE-5 CARTEL	107	Manzanilla Linda	SE11-8	300
<b>López Cruz Abeyro José</b>	FE-12 CARTEL	109	Manzanilla Linda	SE11-14	303
López Cruz Abeyro José	FE-13 CARTEL	109	Manzanilla Linda	SE11-27 CARTEL	306
López Cruz Abeyro José	SE04-3	243	Manzanilla Silvia	SE12-14	314
López Díaz Fanny	SE12-9	312	Manzano Marlenne	SE06-10	255
<b>López Díaz Fanny</b>	SE12-19 CARTEL	316	Mar Morales Bertha Eugenia	CCA-25	85
<b>López Doncel Rubén</b>	SED-6	192	<b>Mariano Matías Fermín</b>	GEOPAL-22 CARTEL	155
López Elizondo Oziel Hervej	SED-9 CARTEL	193	Mariles Alonso María del Consuelo	OCE-29 CARTEL	184
López Francisco	SE04-1	242	<b>Marín Stillman Luis E.</b>	SE14-13	328
López Loera Héctor	EG-6	98	Marín Stillman Luis E.	SE15-2	332
<b>López Loera Héctor</b>	GEOH-5	122	Marinone S. Guido	OCE-4	175
López Loera Héctor	GEOPAL-15	152	<b>Marmolejo Rodríguez Ana Judith</b>	SE16-2	336
López Loera Héctor	GEOPAL-16	152	Márquez Aguilar Pedro A.	FE-4	106
<b>López Loera Héctor</b>	GEOPAL-25 CARTEL	155	<b>Márquez Cruz Juan</b>	SE04-2	242
<b>López Loera Héctor</b>	VUL-24 CARTEL	223	<b>Márquez Ramírez Victor Hugo</b>	SE04-4	243
López Martínez J.	GEOH-10 CARTEL	124	Martín Barajas Arturo	GET-1	134
López Martínez Margarita	GEOQP-10 CARTEL	162	Martín Barajas Arturo	VUL-10	217
López Martínez Margarita	VUL-9	217	Martín Del Pozo Ana Lillian	SE11-12	302
López Martínez Margarita	SE07-1	272	Martínez Ana Patricia	CCA-25	85
López Meda Marisol	GEOOD-9 CARTEL	115	<b>Martínez Arroyo Amparo</b>	SE12-14	314
<b>López Méndez Valentín</b>	CCA-14	82	Martínez Arroyo Amparo	SE12-20 CARTEL	316

Martínez Banda Fernando	SE15-1	332	Mitre Salazar Luis Miguel	GGA-9 CARTEL	144
Martínez Botí Miquel Angel	OCE-9	177	<b>Mitre Salazar Luis Miguel</b>	GGA-10 CARTEL	144
<b>Martínez Bríngas Alicia</b>	SE06-38 CARTEL	267	Mojarro Bermúdez José de Jesús	GEOQP-10 CARTEL	162
Martínez Cabrera Hugo I.	PALEO-3	186	Molina Saucedo Edgardo	GEOD-3	112
Martínez Cedeño Victor	SE14-13	328	<b>Molina Saucedo Edgardo</b>	GEOD-13 CARTEL	116
Martínez Flores Guillermo	OCE-15	179	Mondragón López Eloy	SE03-8	238
Martínez Genaro	SE06-10	255	Monreal Gómez Adela	OCE-26 CARTEL	182
<b>Martínez Gómez Jesús Daniel</b>	SE17-4	341	Monreal Gómez Adela	OCE-27 CARTEL	183
Martínez Gómez Jesús Daniel	SE17-16 CARTEL	346	<b>Monreal Rogelio</b>	SED-5	191
Martínez Hernández Jose Manuel	SE12-16	315	Monreal Rogelio	SED-7	192
Martínez Leyva Pedro	GEOH-9 CARTEL	123	<b>Monroy Salazar Silvia Flor de Azalia</b>	SE06-15	257
Martínez Limas Nancy Adriana	GEOQP-7	161	<b>Montalvo Arrieta Juan Carlos</b>	SIS-8	198
Martínez López Benjamín	SE12-6	311	<b>Montaño Cuahuilaz Francisco</b>	SE17-17 CARTEL	346
<b>Martínez López Benjamín</b>	SE12-7	312	Montellano Ballesteros Marisol	GEOPAL-11	151
Martínez López Benjamín	SE12-10	313	Montero Cabrera María Elena	MIN-1	168
Martínez López María de Jesús	SED-9 CARTEL	193	<b>Montero Martínez Guillermo</b>	CCA-20	83
<b>Martínez López María del Rosario</b>	SIS-35 CARTEL	208	Monterroso Rivas Alejandro Ismael	SE12-18 CARTEL	315
Martínez Manent Salvador	MIN-3	169	Montes Archiga Jorge Manuel	OCE-28 CARTEL	183
<b>Martínez Miranda Vicente</b>	SE11-18 CARTEL	304	Montijo González Alejandra	GGA-11 CARTEL	145
<b>Martínez Retama Silvia</b>	EG-8	98	Montijo González Alejandra	SED-5	191
Martínez Retama Silvia	EG-11	99	Montijo González Alejandra	SED-7	192
Martínez Retama Silvia	EG-21 CARTEL	103	Montoya Rodríguez José Miguel	SE01-10 CARTEL	229
Martínez Revilla Daniel	SE15-1	332	Monzón César	CCA-2	78
Martínez Reyes José	SE09-17 CARTEL	289	Monzón César	CCA-10	80
<b>Martínez Reyes Juventino</b>	GGA-9 CARTEL	144	Mora Gonzáles Ignacio	SIS-6	197
Martínez Reyes Juventino	GGA-10 CARTEL	144	Mora González Ignacio	SIS-19	202
<b>Martínez Serrano Raymundo G.</b>	GEOQP-2	158	Mora González Ignacio	SIS-29	205
Martínez Serrano Raymundo G.	GEOQP-11 CARTEL	162	Mora González Ignacio	SE06-34 CARTEL	266
Martínez Serrano Raymundo G.	GEOQP-12 CARTEL	163	Mora Juan Carlos	GEOQP-13 CARTEL	163
Martiny Barbara	GEOQP-4	159	Mora Juan Carlos	VUL-6	215
<b>Martiny Barbara</b>	SE07-3	273	<b>Mora Juan Carlos</b>	VUL-7	216
Martiny Barbara	SE07-4	273	<b>Mora Juan Carlos</b>	SE06-1	252
Martiny Barbara	SE18-7	352	Mora Juan Carlos	SE06-3	253
Masuch Oesterreich Dirk	GGA-12 CARTEL	145	Mora Juan Carlos	SE06-4	253
Masuch Oesterreich Dirk	GEOQP-16 CARTEL	165	Mora Juan Carlos	SE06-12	256
<b>Mata García Sergio Roberto</b>	SE06-17	258	Mora Juan Carlos	SE06-25	262
Mayer Geraldo Sergio	SIS-28	205	<b>Moraila Valenzuela Carlos Ramón</b>	GEOD-2	112
<b>Mazot Agnes</b>	VUL-18 CARTEL	220	<b>Moraila Valenzuela Carlos Ramón</b>	GEOD-7	114
Mazot Agnes	SE05-3	246	Moraila Valenzuela Carlos Ramón	GEOD-10 CARTEL	115
Medel Hernández Hugo	OCE-29 CARTEL	184	Moraila Valenzuela Carlos Ramón	GEOD-13 CARTEL	116
Medel Hernández Hugo	SE10-11 CARTEL	296	<b>Morales Barrera Wendy Vanesa</b>	VUL-8	216
Medina Ávila Juan José	EG-18 CARTEL	102	Morales Barrera Wendy Vanesa	SE06-34 CARTEL	266
Medina Barrera Francisco	GEOQP-7	161	Morales Blake A.	SE06-41 CARTEL	269
Medina Barrera Francisco	SE03-11 CARTEL	240	Morales Cortéz Rosa Elena	SE12-18 CARTEL	315
Medina Ferrusquía Edgar Leobardo	EG-7	98	Morales Juan	GEOPAL-9	150
Medina I.L.	FE-15 CARTEL	110	Morales Juan	SE11-14	303
Medina Juan Pablo	GEOD-2	112	<b>Morales Juan</b>	SE11-15	303
<b>Mejía Ambríz Julio César</b>	FE-8 CARTEL	108	Morales Juan	SE11-23 CARTEL	305
Mejía Pérez Campos Elizabeth	SE11-19 CARTEL	304	Morales Juan	SE11-25 CARTEL	306
Mejuto González Javier	SE01-2	226	Morales Juan	SE11-26 CARTEL	306
Melgar Moctezuma Diego	SIS-10	199	Morales Juan	SE18-9 CARTEL	353
Mellors Robert	SE03-2	236	Morales Juárez Silvia Patricia	SIS-39 CARTEL	210
Melva Garcíadiago Ana	SE06-25	262	Morales Montaño Mariano	EG-8	98
<b>Mena Jara Manuel</b>	SE17-5	341	<b>Morales Montaño Mariano</b>	EG-21 CARTEL	103
Méndez Alonso Azalea Paola	OCE-29 CARTEL	184	Morales Puente Pedro	SE12-4	311
<b>Méndez Delgado Sóstenes</b>	EG-7	98	Morales Ramírez Gonzalo	SIS-13	200
Méndez Delgado Sóstenes	EG-10	99	Morales Ruano Salvador	MIN-4	169
Méndez Delgado Sóstenes	EG-25 CARTEL	104	Morales Zuñiga Emmanuel Abdala	GP-6	130
Méndez Delgado Sóstenes	SE06-37 CARTEL	267	<b>Morán Rodríguez Sonia</b>	SE06-18	259
Méndez Figueroa Ignacio	SIS-31	206	Morán Zenteno Dante	GEOQP-4	159
Méndez Figueroa Ignacio	SE08-1	276	Morán Zenteno Dante	SE07-3	273
<b>Méndez Pérez Juan Matías</b>	CCA-19	83	<b>Morán Zenteno Dante</b>	SE07-4	273
Mendoza Camberos Antonio	SE08-2	276	Morán Zenteno Dante	SE18-5	352
Mendoza Camberos Antonio	SE08-3	276	Morán Zenteno Dante	SE18-7	352
Mendoza Carlos	SIS-22	203	Morett Alatríste Luis	EG-19 CARTEL	102
<b>Mendoza Maravillas Alejandro</b>	OCE-29 CARTEL	184	Morquecho Zamarrípa César	SE06-38 CARTEL	267
<b>Mendoza Mojica Manuel</b>	CCA-28	86	Morquecho Zamarrípa César	SE08-13	280
<b>Mendoza Víctor</b>	CCA-7	80	Mortera Gutiérrez Carlos A.	EG-17	101
Mendoza Víctor	CCA-8	80	Mortera Gutiérrez Carlos A.	EG-24 CARTEL	104
Mendoza Víctor	CCA-17	83	<b>Mortera Gutiérrez Carlos A.</b>	GP-2	128
Mendoza Víctor	CCA-38 CARTEL	90	Mortera Gutiérrez Carlos A.	GP-3	129
Mercado Sotelo Italia	SE11-19 CARTEL	304	Mortera Gutiérrez Carlos A.	SE05-4	247
Metzger Joseph	OCE-2	174	Mortera Gutiérrez Carlos A.	SE05-10 CARTEL	249
Meza Figueroa Diana María	GGA-11 CARTEL	145	Morton Bermea	SE16-1	336
Mezger Klaus	SE18-1	350	Morton Ofelia	SE12-2	310
Michalk Daniel	GEOPAL-8	150	<b>Mortyn Graham</b>	OCE-9	177
Michaud François	GP-3	129	Moterroso Rivas Alejandro	SE12-12	313
Michaud François	SE05-10 CARTEL	249	<b>Mouloud Benammi</b>	GEOPAL-11	151
Mijares Arellano Horacio	SIS-36 CARTEL	208	<b>Munguía Orozco Luis</b>	SIS-30	206
<b>Minjarez Sosa Carlos</b>	CCA-39 CARTEL	90	Munguía Orozco Luis	SIS-31	206
Minjarez Sosa Ismael	GGA-11 CARTEL	145	<b>Muñoz Arriola Francisco</b>	SE06-22	261
Minjarez Sosa Ismael	SED-7	192	Muñoz González Sergio	EG-16	101
Miranda Tobías Julio	SIS-6	197	Muñoz González Sergio	EG-23 CARTEL	104
Miranda Tobías julio	SIS-19	202	Muñoz Martínez Guadalupe	FE-3	106
Mireles Fernando	GGA-7 CARTEL	143	Muñoz Máximo Ignacio	GET-4	135

<b>Muñoz Máximo Ignacio</b>	MIN-5	170	Orozco León Luis Raúl	SE03-2	236
<b>Muñoz Máximo Ignacio</b>	MIN-6 CARTEL	170	Orozco León Luis Raúl	SE08-1	276
Muñoz Máximo Ignacio	MIN-7 CARTEL	171	Orozco León Luis Raúl	SE08-16 CARTEL	281
<b>Muñoz Máximo Ignacio</b>	SE14-10	327	Orozco Orozco Esther	SE17-5	341
<b>Muñoz Máximo Ignacio</b>	SE14-11	327	Ortega Beatriz	GEOPAL-12	151
Muñoz Melgarejo Sergio	SE12-16	315	Ortega Beatriz	SE12-2	310
Muñoz de Jesús Hernández Alma Delia	CCA-1	78	Ortega Gutiérrez Fernando	GEOQP-3	159
<b>Murillo Cruz Efen</b>	SE10-9 CARTEL	295	<b>Ortega Gutiérrez Fernando</b>	SE07-2	272
Murillo Jiménez Janette	SED-1	190	Ortega Gutiérrez Fernando	SE18-3	351
Murillo Jiménez Janette	SED-2	190	<b>Ortega Martínez Ivan</b>	CCA-33 CARTEL	88
Murillo Muñetón Gustavo	GET-8 CARTEL	137	<b>Ortega Martínez Ivan</b>	VUL-14	219
Murphy Martin	CCA-39 CARTEL	90	Ortega Ramírez José	GP-2	128
<b>Nájera Cantorán Marisol</b>	FE-3	106	Ortega Ramírez José	SE05-4	247
<b>Nájera Garza Jesús</b>	GEOH-12 CARTEL	125	Ortega Rivera Amabel	SE18-3	351
Nataly Haidt	SE06-1	252	<b>Ortega Ruiz Roberto</b>	GET-7	136
Nava Flores Mauricio	EG-23 CARTEL	104	Ortega Ruiz Roberto	SIS-21	203
<b>Nava Pichardo F. Alejandro</b>	SIS-14	200	<b>Ortega Ruiz Roberto</b>	SIS-28	205
Nava Pichardo F. Alejandro	SIS-17	201	Ortiz Alemán Carlos	EG-16	101
Nava Pichardo F. Alejandro	SE03-2	236	Ortiz Alemán Carlos	EG-23 CARTEL	104
Nava Pichardo F. Alejandro	SE04-4	243	Ortiz Figueroa Modesto	OCE-1	174
Nava Sánchez Enrique H.	SED-1	190	<b>Ortiz Figueroa Modesto</b>	OCE-5	175
Nava Sánchez Enrique H.	SED-2	190	Ortiz Figueroa Modesto	SIS-26	204
<b>Navarro Lozano José Octavio</b>	SED-1	190	Ortiz Figueroa Modesto	SE01-4	227
<b>Navarro Lozano José Octavio</b>	SED-2	190	<b>Ortiz Figueroa Modesto</b>	SE01-10 CARTEL	229
Navarro Ochoa Carlos	SE08-10	279	Ortiz Lira H.	SE06-41 CARTEL	269
Navarro Sánchez Miguel	SIS-30	206	Ortiz Pérez Manuel	SE14-13	328
Nebot Castells Angela	SE12-7	312	<b>Ortiz Pérez Manuel</b>	SE15-2	332
Nebot Castells Angela	SE12-15	314	Ortuño Maldonado Enrique	GP-4	129
Neri Flores Iris	SIS-38 CARTEL	209	Ostroumov Mikhail	SE11-14	303
<b>Neri Vidauri Carolina</b>	SE06-21	260	Ostroumov Mikhail	SE11-26 CARTEL	306
Ni James	SE05-1	246	Osuna Luis Fernando	GEOQ-2	112
<b>Nieto Samaniego Angel</b>	GET-5	136	<b>Ovando Shelley Efraín</b>	SE03-6	238
Nieto Samaniego Angel	GET-8 CARTEL	137	Pacheco Alvarado Javier	SE01-5	227
Nieto Samaniego Angel	SE14-14	328	Pacheco Alvarado Javier	SE08-5	277
Niño Lázaro Mauro	SE06-23	261	Padilla Gustavo	SE06-10	255
Niño Olivo Isidro	OCE-29 CARTEL	184	<b>Padilla Hernández Roberto</b>	OCE-22	181
Nolasco Valencia J. Vicente	SE06-5	253	Padilla Hernández Roberto	SE01-9 CARTEL	228
Nolasco Valencia J. Vicente	SE06-6	254	<b>Palacio Aponte Alvaro Gerardo</b>	SE06-11	256
Novelo Casanova David A.	SE06-9	255	Palacios Hernández Emilio	CCA-2	78
Novelo Casanova David A.	SE06-15	257	<b>Palacios Hernández Emilio</b>	OCE-28 CARTEL	183
Novelo Casanova David A.	SE06-17	258	Palma Magreb Beatriz	SE12-18 CARTEL	315
Novelo Casanova David A.	SE06-18	259	<b>Pamplona Pérez Uriel</b>	GGA-3	141
<b>Novelo Casanova David A.</b>	SE06-30	264	Pantoja González Diego	OCE-19	180
Novelo Casanova David A.	SE06-35 CARTEL	266	Paris Michaël	MIN-2	168
Noyola Medrano Cristina	CCA-22	84	<b>Parra Guevara David</b>	CCA-23	84
<b>Noyola Medrano Cristina</b>	SE12-3	310	Parra Guevara David	CCA-42 CARTEL	92
Núñez Cornú Francisco J.	SIS-27	205	Pavía López Edgar	CCA-6	79
Núñez Cornú Francisco J.	SIS-16	201	<b>Pavía López Edgar</b>	CCA-18	83
<b>Núñez Cornú Francisco J.</b>	SIS-26	204	Paz Francisco	VUL-10	217
Núñez Cornú Francisco J.	SE06-8	254	Paz Francisco	VUL-11	218
Núñez Cornú Francisco J.	SE10-2	292	<b>Pech Pérez Andrés</b>	EG-22 CARTEL	103
Núñez Hernández Elías	SE15-1	332	<b>Pech Pérez Andrés</b>	SIS-3	197
Núñez Méndez Fernando	SE03-8	238	<b>Peiffer Loic</b>	VUL-16 CARTEL	219
Núñez Paez Alonso	GEOQ-7	114	Peiffer Loic	SE05-3	246
<b>Núñez Peña Ernesto Patricio</b>	GEOH-3	121	Peinado Héctor	SE15-5 CARTEL	333
Obeso Huerta Hipolyto	OCE-12	178	Peláez Gaviria Juan Ramón	GP-2	128
Obeso Huerta Maclovio	OCE-12	178	<b>Peláez Gaviria Juan Ramón</b>	SE05-10 CARTEL	249
Obeso Nieblas Maclovio	OCE-6	175	<b>Peña Alonso Tomás A.</b>	GET-2	134
<b>Obeso Nieblas Maclovio</b>	OCE-11	177	Peña Alonso Tomás A.	GET-3	135
<b>Obeso Nieblas Maclovio</b>	OCE-12	178	Peña Alonso Tomás A.	GEOQP-14 CARTEL	164
Obeso Nieblas Maclovio	OCE-13	178	Peña García Pablo	GEOH-10 CARTEL	124
Obeso Nieblas Maclovio	OCE-16	179	Peña Salazar Leobardo	SE03-5	237
Obeso Nieblas Maclovio	OCE-17	180	Penagos Sen Mercedes	SE06-19	259
Ocampo Díaz Yamzul Ernesto	GEOQP-7	161	Pereyra Diaz Domitilo	CCA-37 CARTEL	90
Ocampo Díaz Yamzul Ernesto	SED-9 CARTEL	193	Pérez Calderón Daniel	GP-2	128
<b>Ocampo Ríos Brenda Grisset</b>	CCA-29 CARTEL	87	<b>Pérez Campos Xyoli</b>	SIS-10	199
Ocaranza Maldonado Jaime	SE03-1	236	Pérez Campos Xyoli	SIS-11	199
Ochoa Gil	SE02-3	232	Pérez Campos Xyoli	SE01-5	227
Ochoa Gil	SE03-1	236	<b>Pérez Campos Xyoli</b>	SE08-5	277
Ochoa Martínez Carolina	SE12-11	313	Pérez Campos Xyoli	SE08-6	278
Oda Berta	CCA-8	80	Pérez Campos Xyoli	SE17-2	340
<b>Oda Berta</b>	CCA-38 CARTEL	90	Pérez Córdoba César	SE14-3	324
<b>Olguín Villa Angel Enrique</b>	VUL-12	218	Pérez Corona Fred Yoan	EG-6	98
Olivares Morales Arturo	SE11-22 CARTEL	305	<b>Pérez Cruz Ligia</b>	OCE-14	179
Oliveros Arturo	SE11-23 CARTEL	305	Pérez Cruz Ligia	OCE-25 CARTEL	182
Olvera Alarcón David	SE06-19	259	Pérez Cruz Ligia	OCE-26 CARTEL	182
<b>Olvera Gómez Alfredo</b>	SE09-14	288	Pérez Cruz Ligia	OCE-27 CARTEL	183
Ordaz Schroeder Mario	SE01-7	228	<b>Pérez Enríquez Román</b>	FE-5 CARTEL	107
Ordaz Schroeder Mario	SE06-28	263	Pérez Enríquez Román	FE-6 CARTEL	107
<b>Orea Aida</b>	SE11-24 CARTEL	306	Pérez Enríquez Román	FE-13 CARTEL	109
Orozco Del Castillo Mauricio	EG-23 CARTEL	104	Pérez Enríquez Román	FE-15 CARTEL	110
Orozco Esquivel Teresa	GEOQP-15 CARTEL	164	Pérez Enríquez Román	SE04-3	243
Orozco Esquivel Teresa	VUL-9	217	Pérez González Maria Suguei	PALEO-1	186
<b>Orozco Esquivel Teresa</b>	SE05-8 CARTEL	248	Pérez Gutiérrez Rosalva	SE18-4	351
Orozco León Luis Raúl	SIS-31	206	Pérez Lezama Leonardo	OCE-6	175

Pérez Lezama Leonardo	OCE-11	177	Ramos Leal J. Alfredo	EG-6	98
Pérez Lezama Leonardo	OCE-13	178	Ramos Leal J. Alfredo	VUL-24 CARTEL	223
<b>Pérez Lezama Leonardo</b>	OCE-17	180	<b>Ramos Leal J. Alfredo</b>	SE15-4 CARTEL	333
Pérez Muñoz Abelardo	SE17-5	341	Ramos Ledezma Andrés	GEOQP-16 CARTEL	165
Pérez Rodríguez Gerardo	EG-3	96	Ramos Molina Miguel Angel	GEOPAL-14	152
Pérez Santana Jesús	SE08-6	278	<b>Randall Roberts John A.</b>	EG-4	97
Pérez Santana Jesús	SE08-8	278	<b>Rangel Granados Elizabeth</b>	VUL-19 CARTEL	221
Pérez Vertti Arturo	SE08-2	276	<b>Ravelo Cervantes Janet Isabel</b>	GP-1	128
<b>Pérez Yáñez Citlali</b>	SE01-7	228	Rebolledo Vieyra Mario	GEOPAL-25 CARTEL	155
<b>Pérez de Tejada Jaime Héctor</b>	FE-1	106	Reinoso Angulo Eduardo	SE06-23	261
Petrone Chiara M.	SE07-1	272	Reinoso Angulo Eduardo	SE06-28	263
Pi Teresa	SE12-2	310	Rentería Urquiza Maitee	CCA-27	86
Pichardo Gabriela Solís	SE18-2	350	Reyes Cortés Ignacio	MIN-1	168
Piedad Sánchez Noé	GEOH-11 CARTEL	124	<b>Reyes Cortés Manuel</b>	MIN-1	168
Pinales Munguía Adán	GEOH-9 CARTEL	123	Reyes Dávila Gabriel	SE04-4	243
Pinales Munguía Adán	GGA-7 CARTEL	143	Reyes Davila Gabriel A.	VUL-1	214
<b>Pineda Martínez Luis F.</b>	CCA-22	84	<b>Reyes Dávila Gabriel A.</b>	SE08-10	279
Piñeiro Hernández Dulce	SE01-9 CARTEL	228	<b>Reyes Gutiérrez Lazaro Raymundo</b>	EG-6	98
Pinzón Compean Lorenzo	EG-20 CARTEL	103	Reyes Pimentel Thalía A.	SE06-16	258
Pitilakis Kyriazis	SIS-7	198	Reyes Pimentel Thalía A.	SE14-15	328
Plata Rocha Wenseslao	GEOD-1	112	Reyes Ruiz Mauricio	FE-1	106
Plata Rocha Wenseslao	GEOD-6	113	Reyes Salas Margarita	SE07-2	272
Plata Rosas Luis	OCE-18	180	Reyes de la Gala Jorge	CCA-6	79
<b>Pompa Mera Valerie</b>	SE18-2	350	Reynoso Carvajal Melesio	GET-4	135
Pompa Mera Valerie	SE18-5	352	Reynoso Carvajal Melesio	MIN-5	170
Ponce Díaz Germán	SE16-3	337	Ríos González Virginia	GGA-1	140
<b>Ponce Núñez Francisco</b>	EG-17	101	<b>Riquer Trujillo Guadalupe</b>	SIS-38 CARTEL	209
Ponce Núñez Francisco	EG-24 CARTEL	104	<b>Rivas Jorge</b>	GEOPAL-12	151
Ponce Núñez Francisco	GP-2	128	<b>Rivas Sánchez María</b>	GEOPAL-14	152
Porras Vázquez Herminia Berenice	SED-9 CARTEL	193	Rivas Sánchez María	GEOPAL-24 CARTEL	155
<b>Portillo Pineda Rodrigo</b>	SE02-2	232	Rivas Sánchez María	GEOPAL-26 CARTEL	156
Portillo Pineda Rodrigo	SE03-1	236	<b>Rivera Ríos Aixa</b>	EG-12	100
Posada Sánchez Ana Elena	SIS-13	200	<b>Rivet Diane</b>	SIS-33 CARTEL	207
Posada Sánchez Ana Elena	SE08-11	279	Rivet Diane	SE01-11 CARTEL	229
Posada Sánchez Ana Elena	SE08-12	280	<b>Roberge Julie</b>	VUL-13	219
Posada Sánchez Ana Elena	SE14-6	325	Roberge Julie	SE07-4	273
Posada Sánchez Ana Elena	SE14-12	328	Robinson Carlos J.	OCE-10	177
Posada Sánchez Ana Elena	SE17-10	343	Robles Berumen Hermes	GEOH-3	121
Pou Acuña Sergio J.	SE03-11 CARTEL	240	<b>Robles Camacho Jasinto</b>	SE11-10	301
Premo Wayne	GEOQP-6	160	Robles Camacho Jasinto	SE11-15	303
Priego Vázquez Ana Guadalupe	GEOQP-16 CARTEL	165	<b>Robles Camacho Jasinto</b>	SE11-22 CARTEL	305
Prol Ledesma Rosa María	GGA-2	140	Robles Camacho Jasinto	SE11-23 CARTEL	305
Prol Ledesma Rosa María	MIN-3	169	<b>Rocha de la Vega Francisco Rubén</b>	SE10-4	293
Prol Ledesma Rosa María	MIN-4	169	<b>Rodríguez Abreu Luis Edgar</b>	SIS-2	196
Prol Ledesma Rosa María	OCE-10	177	Rodríguez Abreu Luis Edgar	SE08-7	278
<b>Puente Aguilar Sergio</b>	SE06-29	263	Rodríguez Abreu Luis Edgar	SE08-8	278
Quezada Reyes Aída	SIS-40 CARTEL	210	Rodríguez Alejandro	SE11-28 CARTEL	307
Quezada Reyes Aída	SE08-8	278	<b>Rodríguez Castañeda Ana Patricia</b>	SE16-1	336
<b>Quezada Reyes Aída</b>	SE14-5	325	Rodríguez Castillo Ramiro	SE03-4	237
Quezada Reyes Aída	SE17-9	343	<b>Rodríguez Castillo Ramiro</b>	SE17-8	342
Quintanar Robles Luis	SIS-21	203	Rodríguez Castillo Ramiro	SE17-11	344
Quintanar Robles Luis	SIS-25	204	Rodríguez Castillo Ramiro	SE17-13	345
Quintanar Robles Luis	SIS-28	205	Rodríguez Castillo Ramiro	SE17-15	346
Quintanar Robles Luis	SIS-32 CARTEL	207	<b>Rodríguez Ceja María</b>	SE11-14	303
Quintanar Robles Luis	SIS-43 CARTEL	211	Rodríguez Díaz Augusto Antonio	MIN-3	169
<b>Quintanar Robles Luis</b>	SE08-7	278	<b>Rodríguez Díaz Augusto Antonio</b>	MIN-4	169
Quintero Rodríguez Raúl	SE15-3 CARTEL	332	Rodríguez Elizarrarás Sergio	SIS-6	197
Rábago González José Luis	GEOH-11 CARTEL	124	Rodríguez Elizarrarás Sergio	SIS-19	202
Raga Graciela	CCA-13	81	Rodríguez Elizarrarás Sergio	SIS-29	205
Ramírez Alonso Israel	SE03-1	236	Rodríguez Elizarrarás Sergio	VUL-8	216
Ramírez Elías Diana	OCE-22	181	<b>Rodríguez Elizarrarás Sergio</b>	SE06-34 CARTEL	266
Ramírez Guzmán Alejandro	SE05-3	246	Rodríguez García Mucio	SE06-27	263
<b>Ramírez Guzmán Leonardo</b>	SE09-8	286	<b>Rodríguez González Miguel</b>	SIS-12	200
Ramírez Jorge	SE12-9	312	Rodríguez González Miguel	SE03-9	239
Ramírez Larralde Mario A.	SE03-11 CARTEL	240	<b>Rodríguez Ibañez Claudia</b>	OCE-4	175
<b>Ramírez Luna Angel</b>	SE11-11	302	Rodríguez Julio César	SE13-2	320
<b>Ramírez Ramos Erik Esteban</b>	SE08-16 CARTEL	281	Rodríguez Julio César	SE13-3	320
Ramírez Rojas Alejandro	SE04-2	242	Rodríguez Julio César	SE13-4	321
Ramírez Ruíz Juan J.	VUL-1	214	<b>Rodríguez Lozoya Héctor Enrique</b>	SIS-25	204
<b>Ramírez Ruíz Juan J.</b>	VUL-15 CARTEL	219	Rodríguez Pascua Miguel Angel	SE11-28 CARTEL	307
Ramírez Ruíz Juan J.	SE08-10	279	<b>Rodríguez Pérez Quetzalcoatl</b>	SIS-34 CARTEL	207
Ramírez Suárez Jesús Ángel	SIS-8	198	Rodríguez Ramos Reinaldo	SIS-41 CARTEL	210
<b>Ramírez Teresa</b>	SE06-33 CARTEL	265	Rodríguez Rasilla Iván	SE08-6	278
Ramírez Treviño Alfredo	SE15-3 CARTEL	332	Rodríguez Rasilla Iván	SE08-8	278
Ramírez Vázquez Carlos Ariel	SE04-4	243	<b>Rodríguez Rasilla Iván</b>	SE08-17 CARTEL	282
Ramírez Velasco Salvador	OCE-29 CARTEL	184	Rodríguez Rodríguez José Luis	SE01-2	226
Ramón Márquez Víctor Manuel	GET-4	135	Rodríguez Saavedra Pedro	GEOQP-16 CARTEL	165
Ramón Márquez Víctor Manuel	MIN-5	170	<b>Rodríguez Sedano Luis Angel</b>	VUL-17 CARTEL	220
<b>Ramón Márquez Víctor Manuel</b>	MIN-7 CARTEL	171	Rodríguez Velazquez Isaias	SE17-8	342
Ramón Márquez Víctor Manuel	SIS-39 CARTEL	210	<b>Rodríguez Velazquez Isaias</b>	SE17-15	346
<b>Ramón Márquez Víctor Manuel</b>	SE14-8	326	Rojas Beltrán Marco Antonio	SE12-3	310
<b>Ramos Chaparro Patricia Jacqueline</b>	OCE-27 CARTEL	183	Roldán Quintana Jaime	SED-8	193
<b>Ramos Hernández Silvia</b>	SE06-24	261	<b>Romero Centeno Rosario</b>	CCA-13	81
<b>Ramos Hernández Silvia</b>	SE08-15	281	Romero Centeno Rosario	CCA-14	82
<b>Ramos Jiménez Esteban</b>	SE06-13	257	<b>Romero Francisco Martín</b>	GGA-2	140



Romero Francisco Martín	GEOQP-1	158	Savov Ivan	SE05-5	247
Romero Francisco Martín	GEOQP-9 CARTEL	161	<b>Schaaf Peter</b>	SE11-5	299
Romero Tellez Jessica Montserrat	SE14-8	326	Schaaf Peter	SE11-11	302
Romo Jones José Manuel	GGA-3	141	Schaaf Peter	SE11-27 CARTEL	306
Ronquillo Jarillo Gerardo	GP-8 CARTEL	130	Schaaf Peter	SE18-2	350
Rosales Dorantes Guillermo	SE12-12	313	Schaaf Peter	SE18-4	351
<b>Rosales Dorantes Guillermo</b>	SE12-18 CARTEL	315	Schaaf Peter	SE18-6	352
Rosas Elguera José	EG-3	96	<b>Schaaf Peter</b>	SE18-8	353
Rosas Elguera José	GEOPAL-4	149	Schaaf Peter	SE18-9 CARTEL	353
Rosas Elguera José	GEOPAL-6	149	Schaaf Peter	SE18-10 CARTEL	354
<b>Rosas Medina Alberto</b>	SE09-4	285	Scharek Péter	GGA-8 CARTEL	143
<b>Rosique Naranjo Fernando</b>	EG-18 CARTEL	102	Scharek Péter	SE11-19 CARTEL	304
<b>Roy Priyadarsi</b>	SE12-2	310	Scherer Erik E.	SE18-1	350
Royo León Miguel	GEOH-9 CARTEL	123	<b>Schroeder Aguirre Aarón Antonio</b>	SE03-4	237
<b>Royo Ochoa Miguel</b>	GEOH-9 CARTEL	123	Schulze Carlos	SE18-1	350
Royo Ochoa Miguel	GGA-7 CARTEL	143	Sedov Sergey	GEOPAL-12	151
Royo Ochoa Miguel	GEOPAL-19 CARTEL	153	Sedov Sergey	SE12-4	311
<b>Rubio Acosta Ernesto</b>	SE09-3	284	Segovia Aguilar Nuria	SE01-12 CARTEL	229
Rubio Cisneros Igor Ishi	SED-9 CARTEL	193	Segura Rojas José Luis	SE06-13	257
Rufino Contreras Iván	GP-2	128	Selvanayagam S.A.	FE-6 CARTEL	107
<b>Ruiz Fernández Ana Carolina</b>	SE16-4	337	<b>Serrano Durán Lina</b>	SE07-1	272
Ruiz Gordillo Ana Laura	SE01-7	228	Serrano Flores María Elena	SE15-3 CARTEL	332
Ruiz Gordillo Ana Laura	SE08-11	279	<b>Servantes Solano Miguel Angel</b>	GEOPAL-9	150
Ruiz Hernández Marco Polo	SE02-4	233	Shapiro Nicolai	SIS-33 CARTEL	207
Ruiz Joaquín	GEOQP-15 CARTEL	164	Shirasago German Bernardo	OCE-6	175
<b>Ruiz Martínez Vicente Carlos</b>	GEOPAL-2	148	Shirasago Germán Bernardo	OCE-11	177
Ruiz Martínez Vicente Carlos	GEOPAL-10	150	Shirasago Germán Bernardo	OCE-12	178
<b>Ruiz Suárez Luis</b>	CCA-25	85	<b>Shirasago Germán Bernardo</b>	OCE-13	178
Ruiz Suárez Luis	CCA-42 CARTEL	92	Shirasago German Bernardo	OCE-16	179
Ruiz Suárez Luis	CCA-43 CARTEL	92	Shirasago Germán Bernardo	OCE-17	180
<b>Ruiz Velázquez Mario Alvaro</b>	SE01-3	226	Shirey Steven	SE05-5	247
<b>Ruvalcaba Sil José Luis</b>	SE11-2	298	<b>Shnaydman Volf</b>	CCA-34 CARTEL	88
<b>Ryan Jeffrey</b>	SE05-5	247	Shukla Shradhanand	SE06-22	261
Saavedra Rosado Ma. Isabel	SE12-20 CARTEL	316	Shumilin Evgueni	SE16-1	336
<b>Sabina Ciscar Federico</b>	SIS-41 CARTEL	210	Sierra Figueredo Pablo	FE-6 CARTEL	107
<b>Saiz Hernández Juan Arcadio</b>	SE13-2	320	Sierra Figueredo Pablo	FE-9 CARTEL	108
Salas de León David Alberto	OCE-26 CARTEL	182	Silva Hernández Teodoro	SE03-4	237
<b>Salazar Juárez Josué</b>	SE18-6	352	Silverberg Norman	SE16-1	336
Salazar Juárez Josué	SE18-10 CARTEL	354	Singh Shri Krishna	SIS-29	205
<b>Salazar Lizal Sonia</b>	SE12-16	315	Singh Shri Krishna	SIS-33 CARTEL	207
Salazar Peña Leobardo	SE06-35 CARTEL	266	<b>Singh Shri Krishna</b>	SE01-5	227
Salazar Pena Leobardo	SE10-9 CARTEL	295	Skiba Yuri N.	CCA-23	84
<b>Saldaña Zorrilla Sergio Omar</b>	SE12-13	314	<b>Skiba Yuri N.</b>	SE09-9	287
Salgado Brito Rosa	EG-16	101	Skiba Yuri N.	SE09-10	287
Salgado Soto Zacarias	SE18-4	351	<b>Skiba Yuri N.</b>	SE09-16 CARTEL	289
Salinas Prieto Juan Carlos	VUL-6	215	<b>Sobrevilla Mateo Maria del Carmen</b>	GEOQP-17 CARTEL	165
<b>Sámamo Tirado Alma Patricia</b>	GGA-11 CARTEL	145	Sobrevilla Mateo Maria del Carmen	GEOQP-18 CARTEL	166
San Cristóbal Bárbara	CCA-1	78	Sol López Lizeth	SE06-1	252
Sánchez Alberto	OCE-10	177	Solari Lobato Luigi	SE07-2	272
<b>Sánchez Alberto</b>	OCE-24 CARTEL	181	Solé Viñas Jesús	SE18-5	352
Sánchez Betucci Leda	GEOPAL-24 CARTEL	155	Soler Arechalde Ana M.	EG-19 CARTEL	102
<b>Sánchez Dulcet Francisco</b>	SE01-2	226	Soler Arechalde Ana M.	GEOQP-19 CARTEL	166
Sánchez Edmundo	SE06-1	252	Soler Arechalde Ana M.	SE11-8	300
Sánchez Falfan Antonio	CCA-11	81	Soler Arechalde Ana M.	SE11-12	302
Sánchez González Alberto	SE16-3	337	<b>Soler Arechalde Ana M.</b>	SE11-13	302
Sánchez Hernández Ricardo	SE11-22 CARTEL	305	<b>Soler Arechalde Ana M.</b>	SE11-17 CARTEL	303
<b>Sánchez John</b>	SIS-16	201	Soler Arechalde Ana M.	SE11-18 CARTEL	304
Sánchez John	SIS-26	204	Soler Arechalde Ana M.	SE11-24 CARTEL	306
Sánchez John	SIS-27	205	Soler Arechalde Ana M.	SE17-7	342
<b>Sánchez John</b>	SE10-2	292	<b>Soler Arechalde Ana M.</b>	SE17-18 CARTEL	347
Sánchez Meneses Oscar	SE12-9	312	Solís Pichardo Gabriela	GEOQP-2	158
Sánchez Montante Orzo	CCA-16	82	Solís Pichardo Gabriela	GEOQP-12 CARTEL	163
Sánchez Munguía Vicente	SE15-5 CARTEL	333	Solís Pichardo Gabriela	SE11-5	299
<b>Sánchez Núñez Juan Manuel</b>	SE06-36 CARTEL	267	Solís Pichardo Gabriela	SE11-27 CARTEL	306
<b>Sánchez Núñez Juan Manuel</b>	SE15-3 CARTEL	332	Solís Pichardo Gabriela	SE18-3	351
Sánchez Rojas Edmundo	GEOQP-13 CARTEL	163	Solís Pichardo Gabriela	SE18-4	351
<b>Sánchez Rojas Edmundo</b>	VUL-6	215	Solís Pichardo Gabriela	SE18-6	352
Sánchez Sesma Francisco José	SE09-7	286	<b>Solís Pichardo Gabriela</b>	SE18-9 CARTEL	353
Sánchez Zavala José Luis	SE18-3	351	Solís Pichardo Gabriela	SE18-10 CARTEL	354
<b>Sandoval García Yazmin Yolanda</b>	SE17-10	343	Solís Valdez Sara	GGA-8 CARTEL	143
Sandoval Gómez Héctor	SE08-14	281	Solleiro Rebolledo Elizabeth	GEOPAL-12	151
<b>Sandoval Medrano Omar</b>	GEOPAL-19 CARTEL	153	Solleiro Rebolledo Elizabeth	SE12-4	311
Sankar Ganaphati	FE-6 CARTEL	107	Solorio Munguía Gregorio	GGA-8 CARTEL	143
Santamaría Saldaña Dora Elva	SIS-37 CARTEL	209	Soria Caballero Diana	SE11-28 CARTEL	307
Santiago Jimenez Hydyn	VUL-1	214	Soriano Pérez Sonia Hortensia	GGA-1	140
Santiago Jimenez Hydyn	VUL-15 CARTEL	219	Sosa León Porfirio	GGA-11 CARTEL	145
Sapozhnikov Dimitry	SE16-1	336	Sosa Pérez Felipe	SE01-9 CARTEL	228
<b>Sarocchi Damiano</b>	VUL-4	215	Soto Ruth	GEOPAL-4	149
Sarocchi Damiano	VUL-17 CARTEL	220	Sperling Thomas	SE11-11	302
<b>Sarychikhina Olga</b>	SIS-42 CARTEL	210	Steffahn Jens	GEOQP-16 CARTEL	165
Sarychikhina Olga	SE03-2	236	Stephenson William R.	SIS-9	199
Satisteban Martínez Gastón	CCA-8	80	<b>Stock Joann</b>	VUL-10	217
Saucedo Girón Ricardo	VUL-17 CARTEL	220	Stock Joann	VUL-11	218
Saucedo Quiñones Daniel	EG-2	96	Stock Joann	VUL-12	218
Saucedo Ricardo	VUL-23 CARTEL	222	Stremme Wolfgang	CCA-33 CARTEL	88

Stremme Wolfgang	VUL-14	219	Urrutia Fucugauchi Jaime	SE11-13	302
Suárez Francisco	SE03-2	236	Urrutia Fucugauchi Jaime	SE11-14	303
Suárez Galván Mario Alberto	SED-9 CARTEL	193	Urrutia Fucugauchi Jaime	SE11-18 CARTEL	304
Suárez Plascencia Carlos	SIS-26	204	Urrutia Fucugauchi Jaime	SE11-24 CARTEL	306
<b>Suárez Plascencia Carlos</b>	SE03-7	238	Urrutia Fucugauchi Jaime	SE11-25 CARTEL	306
<b>Suárez Plascencia Carlos</b>	SE06-8	254	<b>Urrutia Fucugauchi Jaime</b>	SE17-1	340
Suárez Plascencia Carlos	SE10-2	292	Valadez Cabrera Sac-Nicte	GEOQP-2	158
Suárez Reynoso Gerardo	SE17-5	341	<b>Valadez Cabrera Sac-Nicte</b>	GEOQP-11 CARTEL	162
Sudharja Sandy	SE05-1	246	Valdés Barrón Mauro	CCA-31 CARTEL	87
<b>Tapia Crespo Luis Arturo</b>	EG-1	96	Valdés Barrón Mauro	CCA-32 CARTEL	88
Tapia Crespo Luis Arturo	EG-18 CARTEL	102	Valdés Barrón Mauro	SE01-12 CARTEL	229
Tapia Elia	CCA-39 CARTEL	90	Valdés Galicia José Francisco	SE08-9	279
Tapia Santos Berenice	SE12-18 CARTEL	315	Valdés Galicia José Francisco	SE17-5	341
Taran Yuri	VUL-16 CARTEL	219	Valdés González Carlos	SIS-23	203
Taran Yuri	VUL-18 CARTEL	220	Valdés González Carlos	SIS-34 CARTEL	207
<b>Taran Yuri</b>	SE05-3	246	Valdés González Carlos	SIS-40 CARTEL	210
Tauler Ferre Esperanza	MIN-3	169	Valdés González Carlos	SE04-3	243
Tecanhuey Sánchez Héctor	GP-2	128	Valdés González Carlos	SE08-6	278
<b>Tejeda Jacome Juan de la Cruz</b>	SE03-9	239	Valdés González Carlos	SE08-8	278
<b>Tejeda Martínez Adalberto</b>	SE12-11	313	Valdés González Carlos	SE14-5	325
Tejero Andrade Andrés	SE11-4	299	Valdés González Carlos	SE17-2	340
Tellez Leyva Laura I.	GEOD-9 CARTEL	115	<b>Valdés González Carlos</b>	SE17-9	343
Tellez Leyva Laura I.	GEOD-14 CARTEL	116	Valdez Flores Germán	SE02-4	233
Tereshchenko Iryna	CCA-2	78	Valdez López Tito	SIS-30	206
Tereshchenko Iryna	CCA-10	80	Valdez Oscar	SE03-2	236
Tereshchenko Iryna	CCA-34 CARTEL	88	<b>Valencia Pintor Genarro</b>	GEOPAL-3	148
Tereshchenko Iryna	CCA-36 CARTEL	89	Valencia Víctor	GEOQP-15 CARTEL	164
Tereshchenko Iryna	OCE-18	180	Valencia Víctor	SE18-1	350
Tereshchenko Iryna	OCE-19	180	Valencia Víctor	SE18-3	351
Teutle Gutiérrez Adrián	EG-5	97	Valencia Víctor	SE18-5	352
<b>Teutli León Margarita</b>	SE14-12	328	Valenzuela Wong Raúl	SIS-11	199
<b>Tinoco Michel Jorge Armando</b>	SE09-17 CARTEL	289	Valenzuela Wong Raúl	SE01-12 CARTEL	229
<b>Tolson Gustavo</b>	SE02-6	233	<b>Valenzuela Wong Raúl</b>	SE14-1	324
Torres Baeza Raúl Antonio	OCE-29 CARTEL	184	Valero Reyes Angel	SE15-4 CARTEL	333
Torres Gaytan David Ernesto	EG-6	98	Vargas Aguilera Carlos	OCE-7	176
Torres Hernández Ramón	GEOPAL-17 CARTEL	153	Vargas Aguilera Carlos	OCE-18	180
Torres Hernández Ramón	GEOPAL-18 CARTEL	153	Vargas Aguilera Carlos	OCE-19	180
Torres Jaramillo Jorge Alejandro	CCA-25	85	Vargas Colorado Alejandro	SIS-38 CARTEL	209
Torres Jardón Ricardo	CCA-25	85	Varley Nick	VUL-2	214
Torres Jardón Ricardo	CCA-43 CARTEL	92	Varley Nick	SE08-10	279
Torres López Mayra	SE18-3	351	<b>Vásquez Serrano Alberto</b>	GET-4	135
<b>Torres Morales Gilbert F.</b>	SIS-6	197	Vásquez Serrano Alberto	MIN-5	170
<b>Torres Morales Gilbert F.</b>	SIS-19	202	Vásquez Serrano Alberto	MIN-6 CARTEL	170
Torres Morales Gilbert F.	SE06-34 CARTEL	266	Vásquez Serrano Alberto	MIN-7 CARTEL	171
Torres Morán Lilia Elisa	SE17-12	344	<b>Vásquez Serrano Alberto</b>	SE14-2	324
Torres Moyer Enrique	MIN-1	168	<b>Vásquez Serrano Alberto</b>	SE14-3	324
Torres Noguez Miguel	SE08-14	281	Vassallo Morales Luis	GGA-8 CARTEL	143
<b>Torres Orozco Rafael</b>	VUL-3	214	Vassallo Morales Luis	SE11-19 CARTEL	304
Torres de León Rafael	SE18-4	351	<b>Vázquez Becerra Guadalupe Esteban</b>	GEOD-4	113
Trejo Gómez Elizabeth	SE10-2	292	Vázquez Becerra Guadalupe Esteban	GEOD-5	113
Trejo Soto Manuel	GEOD-1	112	<b>Vázquez Becerra Guadalupe Esteban</b>	GEOD-8	114
Trejo Soto Manuel	GEOD-4	113	Vázquez Becerra Guadalupe Esteban	GEOD-9 CARTEL	115
Trejo Soto Manuel	GEOD-5	113	<b>Vázquez Becerra Guadalupe Esteban</b>	GEOD-12 CARTEL	115
<b>Trejo Soto Manuel</b>	GEOD-6	113	<b>Vázquez Becerra Juan Antonio</b>	GEOD-15 CARTEL	116
<b>Trejo Soto Manuel</b>	GEOD-9 CARTEL	115	<b>Vázquez Becerra Juan Antonio</b>	GEOD-16 CARTEL	117
<b>Trejo Soto Manuel</b>	GEOD-12 CARTEL	115	<b>Vázquez Contreras Adolfo</b>	EG-2	96
<b>Trejo Soto Manuel</b>	GEOD-14 CARTEL	116	<b>Vázquez Duarte Alma Cristina</b>	GEOPAL-5	149
<b>Trelles Jasso Armando</b>	SE13-5	321	<b>Vázquez Figueroa Viridiana</b>	OCE-10	177
Trindade Ricardo	GEOPAL-9	150	Vázquez González Rogelio	GGA-3	141
Trindade Ricardo	SE11-21 CARTEL	305	Vázquez González Rogelio	SIS-42 CARTEL	210
Tritlla Cambra Jordi	GEOQP-17 CARTEL	165	Vázquez Hernández Samuel	FE-6 CARTEL	107
Tritlla Cambra Jordi	GEOQP-18 CARTEL	166	<b>Vázquez Hernández Samuel</b>	FE-9 CARTEL	108
Troncoso Altamirano Hilda	SED-3	190	Vázquez Larquet Ricardo	SE08-14	281
Troncoso Altamirano Hilda	SED-4	191	Vázquez Miranda Eduardo	SE08-11	279
Troyo Diéguez Sergio	OCE-15	179	Vázquez Miranda Eduardo	SE08-14	281
<b>Trujillo Alcántara Alfredo</b>	EG-16	101	<b>Vázquez Morales Williams</b>	CCA-24	85
Trujillo Alcántara Alfredo	EG-23 CARTEL	104	<b>Vázquez Peralta Heriberto</b>	OCE-1	174
Trujillo Balter	CCA-26	86	<b>Vázquez Rosas Ricardo</b>	SIS-36 CARTEL	208
Tseng Zhijie Jack	SED-3	190	Vázquez Rosas Ricardo	SE06-40 CARTEL	268
Tullner Tibor	GGA-8 CARTEL	143	Velasco Herrera Víctor Manuel	CCA-29 CARTEL	87
Tullner Tibor	SE11-19 CARTEL	304	Velasco Herrera Víctor Manuel	CCA-30 CARTEL	87
Urias David	SE06-10	255	Velasco Miranda Juan Manuel	SE08-14	281
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOH-9 CARTEL	123	Velasco Tapia F.	GEOQP-5	160
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOH-10 CARTEL	124	<b>Velasco Tapia F.</b>	GEOQP-7	161
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOPAL-13	151	Velasco Tapia F.	GEOQP-16 CARTEL	165
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOPAL-22 CARTEL	155	<b>Velasco Villarreal Miriam</b>	GEOPAL-13	151
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOPAL-23 CARTEL	155	Velasquillo Martínez Luis	GET-8 CARTEL	137
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOPAL-24 CARTEL	155	Velázquez Aguirre Luis	GEOH-1	120
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOPAL-25 CARTEL	155	Velázquez Serna Jessica	SE15-3 CARTEL	332
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOQP-19 CARTEL	166	<b>Vera Guzmán Norberto</b>	SE09-12	288
Urrutia Fucugauchi Jaime	OCE-27 CARTEL	183	Vera Sánchez Pedro	GEOQP-19 CARTEL	166
Urrutia Fucugauchi Jaime	VUL-24 CARTEL	223	Vera Sánchez Pedro	SE02-4	233
<b>Urrutia Fucugauchi Jaime</b>	SE11-3	299	<b>Vera Sánchez Pedro</b>	SE03-5	237
Urrutia Fucugauchi Jaime	SE11-8	300	<b>Vermonden Thibodeau Anais</b>	SE12-15	314
Urrutia Fucugauchi Jaime	SE11-12	302	<b>Vidal García Martín Carlos</b>	GEOH-2	120

Vidal García Martín Carlos	GEOH-4	121
Vidal Solano Jesús	VUL-10	217
<b>Vidal Solano Jesús</b>	VUL-11	218
Vidal Solano Jesús	VUL-12	218
Vidal Vega Ana I.	GEOH-14 CARTEL	116
<b>Vidal Villegas José Antonio</b>	SIS-31	206
<b>Vidal Villegas José Antonio</b>	SE08-1	276
Vidal Villegas José Antonio	SE08-16 CARTEL	281
Villacrés Jouvín Bolívar Guillermo	GP-1	128
<b>Villagrán de la Cruz Gladys Esbeidy</b>	OCE-25 CARTEL	182
Villalba María de Lourdes	GEOH-9 CARTEL	123
<b>Villalba María de Lourdes</b>	GGA-7 CARTEL	143
<b>Villalobos Noemi</b>	GEPAL-17 CARTEL	153
<b>Villanuava Urrutia Elba E.</b>	CCA-17	83
Villanueva Díaz José	CCA-41 CARTEL	91
Villanueva Estrada Ruth E.	MIN-4	169
Villanueva Hernández Juan Pablo	FE-8 CARTEL	108
Villanueva Lascurain Daniel	SE18-6	352
<b>Villanueva Lascurain Daniel</b>	SE18-10 CARTEL	354
Villanueva Urrutia Elba	CCA-8	80
Villegas Ceron Reyna Alejandra	SE04-3	243
Virieux Jean	SE09-6	286
Vlasova Marina	FE-4	106
Wagner Gomes Ana	SE06-22	261
Wallace Paul	VUL-13	219
Wang Xiaoming	SED-3	190
Wang Xiaoming	SED-4	191
Watts Christopher	SE13-2	320
Watts Christopher	SE13-3	320
<b>Watts Christopher</b>	SE13-4	321
Weber Bodo	GET-2	134
<b>Weber Bodo</b>	SE18-1	350
Weber Bodo	SE18-2	350
Welsh Rodríguez Carlos	SE12-11	313
West Michael	VUL-22 CARTEL	222
Williams Lina Francisco	SIS-38 CARTEL	209
Wilson Michael	SE04-1	242
<b>Wogau Chong Kurt Heinrich</b>	GEPAL-1	148
<b>Wong Ortega Víctor</b>	SE08-3	276
Wong Ortega Víctor	SE10-7	294
Xixitla Cheron L.	FE-4	106
<b>Xu Shunshan</b>	GET-8 CARTEL	137
Yáñez Soto Alfredo	SE08-8	278
Yáñez Vázquez Rodrigo	SE02-4	233
Yang Ting	SE05-1	246
<b>Yepéz Pacheco Cristina</b>	SE06-19	259
Yi Li Tan	SE08-8	278
Ylizaliturri Rodríguez Jesús	SE08-14	281
Yssa Guzmán Luis	GGA-7 CARTEL	143
<b>Yutsis Vsevolod</b>	GGA-12 CARTEL	145
Yutsis Vsevolod	GEPAL-5	149
Yutsis Vsevolod	GEOQP-16 CARTEL	165
Yutsis Vsevolod	SE04-3	243
Zacarías Jiménez Said Ricardo	SE03-1	236
Zamora Hernández Abigail	SIS-38 CARTEL	209
Zamora Martínez Olivia	GEOQP-1	158
<b>Zamora Martínez Olivia</b>	GEOQP-9 CARTEL	161
<b>Zamudio Luis</b>	OCE-2	174
Zarraluquí Such Victor	CCA-12	81
Zavala Hidalgo Jorge	CCA-13	81
Zavala Hidalgo Jorge	CCA-14	82
<b>Zavala Hidalgo Jorge</b>	OCE-20	180
Zavala Hidalgo Jorge	OCE-21	181
Zavala Hidalgo Jorge	SE12-8	312
Zavala Hidalgo Jorge	SE12-14	314
<b>Zavaleta Ramos Ana Belém</b>	SIS-43 CARTEL	211
<b>Zermeño Díaz David Maximiliano</b>	CCA-5	79
Zhu Chunmei	SE06-22	261
<b>Zobin Peremanova Vyacheslav</b>	VUL-1	214
Zobin Peremanova Vyacheslav	VUL-15 CARTEL	219
<b>Zolotokrylin Alexander</b>	CCA-36 CARTEL	89
Zueck González Silvia	SE17-14	345
Zúñiga Dávila Madrid F. Ramón	SIS-20	202
<b>Zúñiga Tovar Angel Emmanuel</b>	SE06-9	255





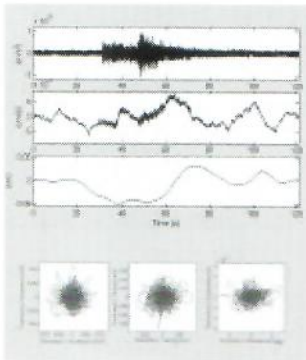
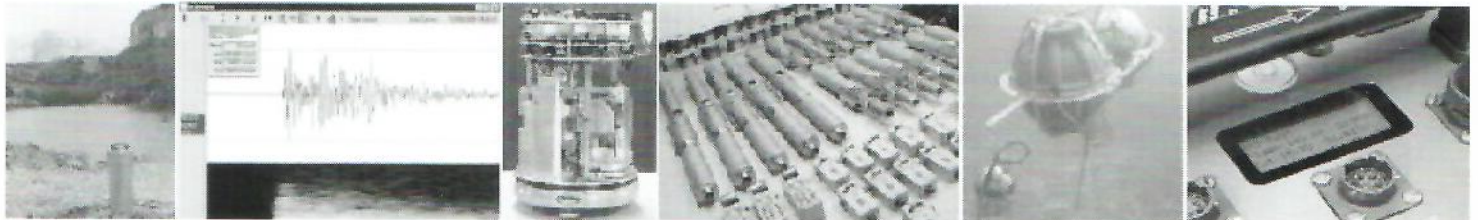
AMPERE - Instrumentación y Telemetría  
 Ángel Urraza 1838, Independencia, 03630 México, D.F.  
 Tel. +52 (55) 5672 1500 ext 103 01 800 746 6638

[ventas@ampere.com.mx](mailto:ventas@ampere.com.mx)  
[www.ampere.com.mx](http://www.ampere.com.mx)

Ampere empresa especializada en proveer soluciones para el monitoreo de aplicaciones científicas con más de 40 años en el medio.



- ◆ *Sismómetros de Banda Ancha y Periodo Corto*
  - ◆ *Acelerómetros triaxiales y uniaxiales*
    - ◆ *Sensores para mediciones en el fondo marino*
      - ◆ *Digitalizadores de 24 bits hasta con 12 canales triaxiales*
- ◆ *Módulos de comunicación para administración y manejo de redes sísmicas vía WEB*



**Software ART** para análisis de datos, entregando parámetros como Aceleración, Velocidad, Desplazamiento, Incorrección, Transformada de Fourier, Intensidad del aire, Densidad de Energía, Espectro de respuesta y aceleración, Aceleración Root Means Square, Velocidad acumulada absoluta, Movimiento de partícula en 2 y 3 dimensiones y Bracketed.

**Software SCREAM** para configuración y control de sensores, adquisición y transmisión de de datos, recibe datos vía puerto Serie, TCP/IP, UDP/IP. Datos en GCF y conversión en tiempo real a miniSEED, GSE 2.0 sac, P-SEGy SUDS, PEPP o UFF



**Radio-Modems** para Telemedición y Transmisión de Datos

- ◆ Bandas libres de licencia de 902 a 928MHZ y 2.4GHZ
- ◆ Hasta 90 km de Alcance en línea de vista
- ◆ Velocidades de hasta 867kbps, homologados ante la COFETEL.
- ◆ Interfases Serie, Ethernet o Ambas, Analógicas y MODBUS



**Inclinómetros** Analógicos y Digitales Registradores para aplicaciones en Puentes, Presas, Edificios, Túneles, Estructuras, Volcanes, Agrietamientos







terraTEM y scintrex TSQ3



terraTEM con Transmisora Externa



Equipo MOUNT SOPRIS Multiparametros



terraTEM



GRAVIMETRO CG5 GON GPS



MAGNETOMETRO EMVI



**GEOTEM** Ingeniería S.A. de C.V.  
CONSULTORES EN EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

**GEOFISICA-GEOHIDROLOGIA-GEOTECNIA-MEDIO AMBIENTE**

Alheli 112 Depto 4 Col. Ejidos de San Pedro Mártir. 14640  
Tels. 5485-6032 y 5485-1437 Fax. 5485-5053 ext 104  
E-mail : cpita@geotem.com.mx  
[www.geotem.com.mx](http://www.geotem.com.mx)



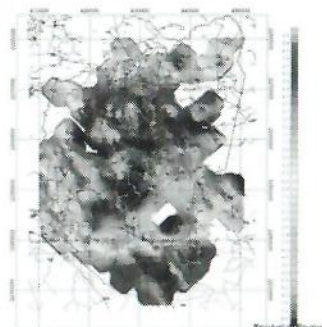
GPS Zmax RTK



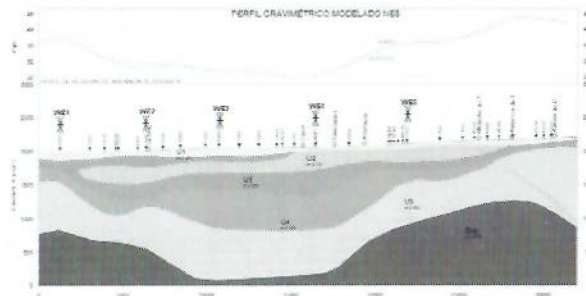
GEORADAR 9900hz 100 MHz



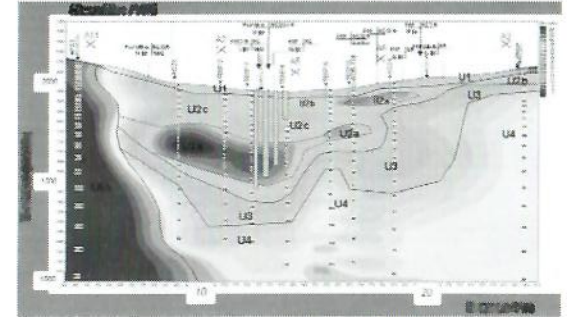
MODELO DE TERRENO



MAPA RESIDUAL DE BOUGUER



PERFIL GRAVIMETRICO MODELADO



PERFIL GEOELECTRICO





## Posgrado

### Geofísica Aplicada

- Métodos eléctricos
- Métodos potenciales
- Exploración sísmica
- Métodos electromagnéticos
- Geohidrología
- Instrumentación geofísica
- Teoría de inversión de datos

### Geología

- Geología estratigráfica
- Geología estructural
- Micropaleontología
- Petrología sedimentaria y ambientes de formación
- Geología isotópica
- Petrología ígnea y ambientes de formación
- Vulcanología física
- Percepción remota aplicada a Ciencias de la Tierra

### Geociencias Ambientales

- Interacciones Biota-Tierra
- Oceanografía ambiental
- Ecología, conservación y restauración del suelo
- Geofísica aplicada
- Hidrogeología
- Teoría del clima y variabilidad climática
- Geohidrología
- Hidrogeoquímica

### Sismología

- Sismología I
- Sismología II
- Elasticidad y fenómenos ondulatorios
- Análisis de series de tiempo
- Sismología de movimientos fuertes
- Procesamiento de datos y redes sísmicas
- Sismotectónica
- Microzonación sísmica

Para mayores informes dirigirse a:

**Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada**

**Dirección de Estudios de Posgrado**

<http://www.cicese.mx>

# MAESTRÍA Y DOCTORADO

**en Ciencias en Conservación y  
Aprovechamiento de Recursos Naturales**

## MAESTRÍA

La Maestría pertenece al Padrón Nacional de Posgrado (PNP) del CONACYT en la categoría de Alto Nivel

### Objetivo

Formar personal dedicado a actividades de investigación y Docencia con conocimientos y habilidades para plantear y resolver problemas relacionados con la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales.

### Dirigido a profesionales de:

Ingeniería (Civil, Industrial, Mecánica, Química, Ambiental)  
Carreras Económico-Administrativas  
Carreras relacionadas con la Agricultura  
Con carreras afines a las Ciencias Naturales  
Biólogos, Químico-Biólogo, Ecológicos,  
Geógrafos e Ingenieros Forestales

### Especialidades de la Maestría:

Administración de los Recursos Naturales  
Protección y Producción Vegetal  
Biodiversidad del Neotrópico  
Ingeniería

### Becas:

CONACYT  
PIFI-IPN

## DOCTORADO

El doctorado pertenece al Padrón Nacional de Posgrado de Calidad (PNPC) del CONACYT en el nivel de "reciente creación"

### Áreas afines al Doctorado

Patrones y Procesos de la Biodiversidad del Neotrópico  
Control Biológico de Insectos Nocivos  
Sistemas de Producción  
Ingeniería  
Administración de los Recursos Naturales

**Entrevistas de admisión:** todo el año

### Requisitos:

Previo a la entrevista inicial con la Comisión de Admisión, entregar al Departamento de Posgrado la documentación que se indica:

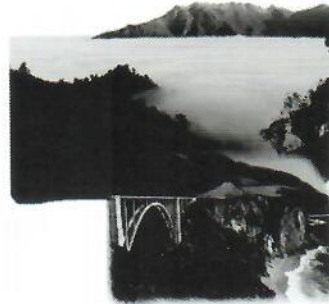
- Carta de exposición de motivos para ingresar al programa.
- Copia del título de licenciatura y maestría
- Copia de cédula profesional de licenciatura y maestría o documentos apostillados para estudios en el extranjero.
- Currículum vitae.

El proceso de selección para el Doctorado puede realizarse en dos modalidades:

- Disertación
- Defensa de un anteproyecto de investigación

En ambas opciones debe presentar los siguientes exámenes:

- \*Inglés (auditivo, oral, lectura y escritura)
- \*Examen de la especialidad
- \*Entrevista con los profesores de la línea de investigación respectiva.



**Instituto Politécnico Nacional**



# UNAM POSGRADO



## Ciencias de la Tierra

La Universidad Nacional Autónoma de México, a través de las entidades antes citadas, ofrece estudios de Maestría y Doctorado en el marco del Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, comprendiendo diferentes campos de conocimiento:

### **Geofísica de la Tierra Sólida**

- Geodinámica y Geofísica Marina
- Paleomagnetismo
- Riesgos por Fenómenos Naturales
- Sismología
- Vulcanología

### **Geología**

- Caracterización de Cuencas Sedimentarias
- Ciencias Ambientales
- Depósitos Minerales y Sistemas Hidrotermales
- Estratigrafía y Paleontología
- Geología Estructural y Tectónica
- Geoquímica y Petrología

### **Aguas Subterráneas, Exploración y Modelación**

- Aguas Subterráneas
- Exploración
- Modelación de Sistemas Terrestres
- Percepción Remota

### **Ciencias Atmosféricas, Espaciales y Planetarias**

- Cambio Climático
- Físico Química Atmosférica
- Física de Nubes e Interacción Micro y Mesoescala
- Interacción Océano-Atmósfera
- Meteorología Tropical
- Teoría del Clima
- Ciencias Espaciales
- Ciencias Planetarias
- Procesos Radiacionales y Electromagnéticos en Atmósferas Planetarias

### **Entidades Académicas Participantes:**

- Instituto de Geofísica
- Instituto de Geología
- Instituto de Geografía
- Instituto de Investigaciones Matemáticas Aplicadas y en Sistemas
- Centro de Ciencias de la Atmósfera
- Centro de Geociencias
- Facultad de Ciencias
- Facultad de Ingeniería

### **Dra. Elsa Leticia Flores Márquez**

Coordinadora del Programa  
leticia@geofisica.unam.mx  
Posgrado en Ciencias de la Tierra, 2008  
C.P. 04510, Tel: (55) 562-24137 y 24130  
México, Distrito Federal

### **Contacto:**

posgradotierra@geofisica.unam.mx  
gsolache@geofisica.unam.mx  
achaman@geofisica.unam.mx  
atencionalpublico@geofisica.unam.mx

---

Recordamos a todos los miembros de la Unión Geofísica Mexicana, A.C.  
que la cuota para el 2008 es de \$400.00 para investigadores  
y \$300.00 para estudiantes.

página internet: [www.ugm.org.mx](http://www.ugm.org.mx)

---

Favor de hacer llegar su cuota a:

Ivonne Pedrín Morales  
División de Ciencias de la Tierra  
CICESE  
Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada  
Ensenada, 22860, B.C., México  
Correo electrónico: [ipedrin@cicese.mx](mailto:ipedrin@cicese.mx)

Con un cordial saludo

Luis A. Delgado Argote y Ramón Zúñiga Dávila  
Editores

---

### Costo anual de anuncios en GEOS

Instituciones:	Comerciales y Gubernamentales	Académicas
Página completa	\$4,000.00	\$2,000.00
Media página	\$2,000.00	\$1,000.00

---

## GEOS

Revista a la venta con:

Costo del ejemplar \$60.00

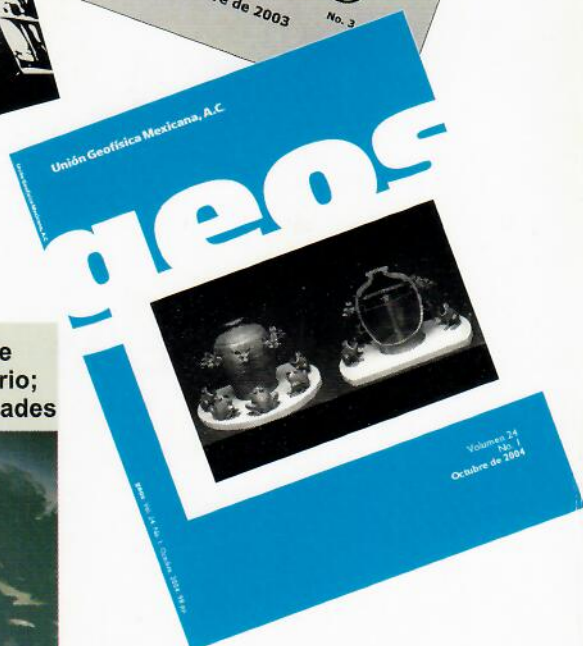
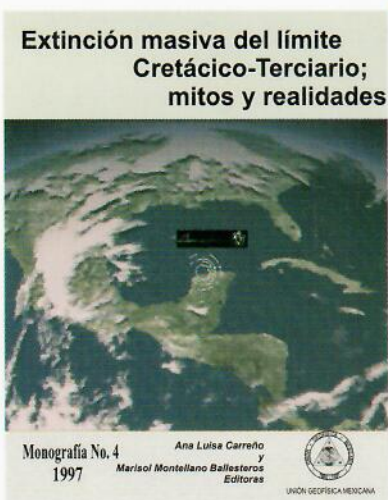
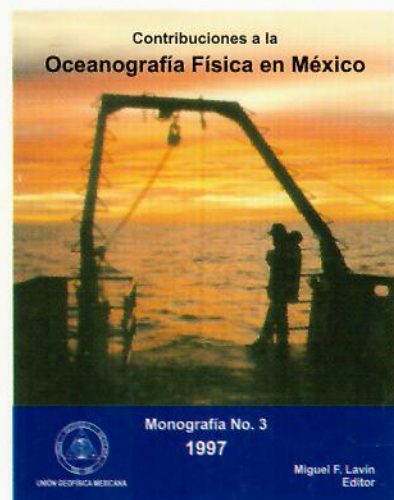
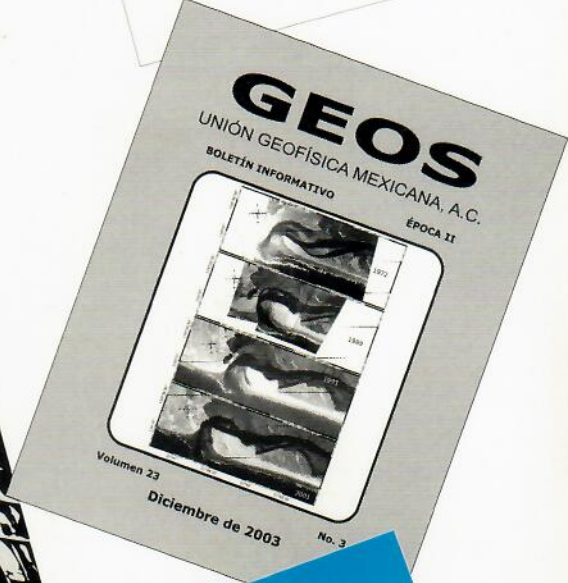
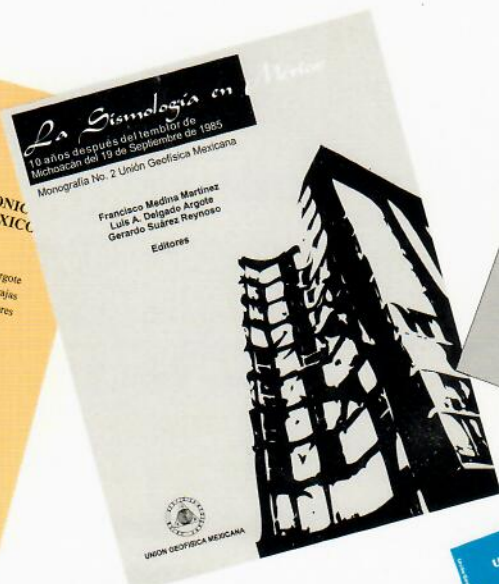
Ivonne Pedrín Morales  
División de Ciencias de la Tierra  
Tel: 01(646)174-5050  
Ext: 26004  
Correo electrónico: [ipedrin@cicese.mx](mailto:ipedrin@cicese.mx)



CICESE







Tus trabajos de investigación y divulgación tienen cabida en estos foros de la Unión Geofísica Mexicana, A.C.