

GEOS

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.

BOLETÍN INFORMATIVO

ÉPOCA II

III REUNIÓN NACIONAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA



RESÚMENES

Volumen 22

No. 2

Noviembre de 2002

GEOS

**BOLETÍN INFORMATIVO
DE LA
UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.
(ISSN 0186-1891)**

GEOS es una revista cuatrimestral editada para la Unión Geofísica Mexicana, A.C. en la División de Ciencias de la Tierra del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

**UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.
Mesa Directiva 2000-2001**

Dr. Juan García Abdeslem
Presidente

Dr. Luca Ferrari Pedraglio
Vicepresidente

Dr. Saúl Álvarez Borrego
Secretario General

Dr. José Manuel Romo Jones
Tesorero

Dr. Francisco Javier Pacheco Alvarado
Secretario de Investigación

Dr. Luis Alberto Delgado Argote
Secretario de Difusión

Dr. Roberto Molina Garza
Secretario de Educación

Dr. Julián Adem Chain
Presidente Honorario

GEOS, Boletín Informativo de la Unión Geofísica Mexicana, A.C. ISSN 0186-1891 (La Unión Geofísica Mexicana, UGM, es la Sociedad Civil no lucrativa de los profesionales de la Geofísica y Ciencias de la Tierra). **GEOS** es una publicación trimestral apoyada por el CICESE (División de Ciencias de la Tierra y División de Oceanología), UNAM (Coordinación de la Investigación Científica; Institutos de Geofísica, Geología, Geografía, Ciencias del Mar y Limnología e Ingeniería; Centro de Ciencias de la Atmósfera; y Facultad de Ingeniería), Instituto de Investigaciones Eléctricas, Comisión Federal de Electricidad, Consejo de Recursos Minerales y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

GEOS, publica artículos y notas de investigación, divulgación, reportes, comentarios, noticias, opiniones, anuncios y aspectos relevantes para la vinculación y difusión de la actividad científica y docente de las Ciencias de la Tierra. Los artículos de investigación son arbitrados por duplicado, mientras que los de divulgación son arbitrados por un especialista.

En el caso de noticias, comentarios u otro tipo de escritos, los manuscritos no deben de exceder cuatro cuartillas. Todos los trabajos deberán ser enviados a los editores por correo electrónico.

Toda correspondencia dirigirla a:

Luis A. Delgado Argote
Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra
Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada,
Ensenada, 22860, B.C., México
Tel. 01(646)174-5050, Ext. 26060
Fax: 01(646)175-0559
Correo electrónico: ldelgado@cicese.mx

Luis A. Delgado Argote
Correo electrónico: ldelgado@cicese.mx
y

Juan García Abdeslem
Correo electrónico: jgarcia@cicese.mx

Editores

COMITE EDITORIAL

Harald Böhnell, Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
Noel Carbajal Pérez, Oceanografía Física, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
Oscar Campos, Geofísica de Exploración, Instituto de Geofísica, UNAM
Gerardo Carrasco, Vulcanología, Instituto de Geología, UNAM
Ana Luisa Carreño, Paleontología, Instituto de Geología, UNAM
Carlos Flores, Métodos Eléctricos y Electromagnéticos, CICESE
José Luis Frías Salazar, Cartografía, INEGI
Juan García Abdeslem, Gravimetría y Magnetometría, CICESE
René Garduño, Ciencias de la Atmósfera, UNAM
Manuel Grajales N., Estratigrafía, IMP
Margarita López Martínez, Geoquímica, CICESE
Alejandro Hinojosa Corona, Sistemas de Información Geográfica, CICESE
Miguel Lavín, Oceanografía, División de Oceanología, CICESE
Luis Munguía Orozco, Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Jorge Ledesma Vázquez, Sedimentología, Facultad de Ciencias Marinas, UABC
Guillermo Pérez, Exploración Petrolera, PEMEX
Domitilo Pereyra, Ciencias Atmosféricas, UNIVERSIDAD VERACRUZ
Francisco José Sánchez Sesma, Ingeniería Sísmica, UNAM
Miguel Téllez, Sedimentología, UABC
Gustavo Tolson, Geología Estructural, Instituto de Geología, UNAM
Carlos Suárez Plascencia, Riesgo Geológico, UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Héctor Pérez de Tejada, Estudios Espaciales, Instituto de Geofísica, UNAM

Victor Manuel Frías Camacho
María Cristina Álvarez Astorga
APOYO TÉCNICO EDITORIAL

EDITORIAL

GEOS, Unión Geofísica Mexicana, V.22-2

Este año la **III Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra (IIIRNCT)** es el resultado de un acuerdo entre la AGHM, AGM, AIMMG, AMGP, INAGEQ, SELPER, SGM, SMG, SMM, UMEC y UGM. En esta reunión, las principales organizaciones de geociencias del país tendrán sus respectivas asambleas, simposios, etc. en sede y fechas comunes. En la de 1998 participaron cinco sociedades, seis en la del 2000 y, en este año palindrómico, las sociedades participantes son once, lo que significa un gran avance en convocatoria, y se manifiesta de la siguiente manera:

Con respecto al 2000, pasamos de 513 a 669 trabajos, de 114 a 202 dependencias y de 43 a 76 instituciones mexicanas. La participación de instituciones extranjeras bajó de 97 a 85, de las cuales 40 son de EUA y Canadá, 30 de Europa, 6 de Centro y Sudamérica y 9 de Japón, Nueva Zelanda, Arabia Saudita, Corea e India.

La reunión está dividida en 23 sesiones, de las que 21 son ordinarias y 2 son especiales (El Chichón 1982-2002 y Fracturamiento y Subsistencia de Depósitos Recientes). En la tabla adjunta, se observa la distribución por sesiones de los 669 trabajos recibidos. Con respecto a los temas de la reunión, se advierte que los temas ambientales, de riesgos y peligros, de fracturamiento y geotecnia, así como los estudios del Cuaternario, en conjunto, representan casi el 17% del total de los trabajos, lo que manifiesta el interés actual en esos temas. Los de geología estructural y tectónica, junto con los de geoquímica y petrología representan casi el 20%, mientras que los temas relacionados con geofísica, sismología y geomagnetismo suman el 14%, los de volcanología y geotermia forman el 10% y los de océano y atmósfera el 8%. La creciente aplicación de las técnicas de los sensores remotos y de los sistemas de información geográficos se refleja en esa sesión, que sola, rebasa el 8%.

Una sesión particularmente importante es la de educación en geociencias. En ella se presentarán experiencias sobre la docencia en las áreas de las Ciencias de la Tierra y tendremos oportunidad de discutir el reciente proceso de evaluación de nuestros posgrados en el marco del Programa de Fortalecimiento del Posgrado Nacional. Debemos discutir también las nuevas políticas del CONACyT hechas para alcanzar los objetivos estratégicos del Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006 (PECT). Además nuestras discusiones deberán incluir las formas de establecer alianzas interinstitucionales para tener acceso a los Fondos Sectoriales, en particular, el de Educación a través de la convocatoria en Ciencia Básica. Otros grandes rubros del PECT en los que las disciplinas de geociencias pueden intervenir son: Promoción y Uso Racional de la Energía, Exploración y Explotación de la Tierra y la Atmósfera, así como Protección del Medio Ambiente.

Esta reunión ofrece la oportunidad de que las sociedades exploren alianzas estratégicas para la organización de cursos, talleres, reuniones, editen revistas en conjunto, emitan comunicados, establezcan redes de información, bases de datos y bolsas de trabajo. Atendiendo a la respuesta de los participantes a esta reunión acerca de la sociedad a la que pertenecen como primera opción o desearían pertenecer, se observó que sólo el 10% de los primeros autores de los trabajos recibidos no se identifica con alguna de las 11 sociedades que convocan, lo que indica también que la población de geociencias ha tomado conciencia de la importancia de pertenecer a alguna sociedad. Lo anterior debe tomarse como una oportunidad para las sociedades de carácter académico de incrementar sus membresías.

En espera de que esta reunión sea tan cordial y provechosa como las anteriores, las sociedades organizadoras de esta reunión, a través de sus mesas directivas y su personal de apoyo les damos la bienvenida a todos, esperando además que el resultado sea una invitación a seguir trabajando en conjunto.

Nota sobre este número: Para la elaboración de este número de GEOS sólo se modificaron los formatos de los resúmenes enviados, manteniéndose de esa forma la sintaxis y la ortografía originales. Agradecemos la participación de los colegas de las distintas sociedades en la programación de las sesiones.

Luis A. Delgado Argote
Coordinador general de la reunión

Sociedades: AGHM= Asociación Geohidrológica Mexicana, AGM= Asociación Geotérmica Mexicana, AIMMG= Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, AMGP= Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, INAGEQ= Instituto Nacional de Geoquímica, SELPER= Sociedad Latinoamericana de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial, SGM= Sociedad Geológica Mexicana, SMG= Sociedad Mexicana de Geomorfología, SMM= Sociedad Mexicana de Mineralogía, UMEC= Unión Mexicana para Estudios del Cuaternario y UGM= Unión Geofísica Mexicana.

Representantes de sociedades:

Luis A. Delgado Argote, Secretario de Difusión de la UGM (ldelgado@cicese.mx)
 Juan García Abdeslem, Presidente de la UGM (jgarcia@cicese.mx)
 Rosa María Barragán, Presidente de la AGM (rmb@iie.org.mx)
 Elena Centeno García, Presidente del INAGEQ (centeno@servidor.unam.mx)
 David Cárdenas Flores, Presidente de la AIMMG (gerenciayacim@cruzazul.com.mx)
 Mikhail Ostroumov, Presidente de la SMM (ostroum@zeus.ccu.umich.mx)
 Irasema Alcántara Ayala, Presidente de la SMG (irasema@igiris.igeograf.unam.mx)
 Alberto Arias Paz, Vice-Presidente de la AGHM (arias paz@servidor.unam.mx)
 Jorge Jacobo Albarán, Presidente de la AMGP (jjacobo@imp.mx)
 Demetrio Santamaría Orozco, Presidente de la SGM (dsantama@imp.mx)
 Djamel Toudert, Presidente de la SELPER (toudert@uabc.mx)
 Beatriz Ortega Guerrero, UMEC (bortega@tonatiuh.igeofcu.unam.mx)

Sesiones y número de trabajos de la IIIRNCT

Clave de sesiones	Sesiones	Número de trabajos	%
CAC	Ciencias de Atmósfera y Climatología	30	4.5
EDUG	Educación en Geociencias	14	2.5
GEOH	Geohidrología	23	3.4
GC	Geología del Cuaternario	29	4.3
GET	Geología Estructural, Tectónica y Tectonofísica	73	10.9
GGA	Geología y Geofísica Ambiental	26	3.9
GGP	Geología y Geofísica Petrolera	37	5.5
GEOMAG	Geomagnetismo y Paleomagnetismo	18	2.7
GEOM	Geomorfología	19	2.8
GEOQP	Geoquímica y Petrología	56	8.4
IGRGG	Ingeniería Geológica, Riesgo Geológico y Geotecnia	19	2.8
MMG	Métodos y Modelación Geofísicos	29	4.3
MINC	Mineralogía y Cristalografía	13	1.9
OCE	Oceanología	25	3.7
PALEO	Paleontología	9	1.3
RP	Riesgos y Peligros	31	4.6
SED	Sedimentología y Estratigrafía	27	4.0
SRSIG	Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográficos	55	8.2
SISG	Sismología y Geodesia	46	6.9
VOLG	Volcanología y Geotermia	54	8.1
YM	Yacimientos Minerales	13	1.9
CHI	El Chichón 1982-2002	14	2.1
FRDS	Fracturamiento y Subsistencia de Depósitos Recientes	9	1.3
Total		66	100.0

DEPENDENCIAS PARTICIPANTES EN LA III REUNIÓN NACIONAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA, 2002

Academia de Ciencias de Rusia, Instituto de Geoquímica y Química Analítica, Moscú, Rusia	Rusia
Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C., Temixco, Mor.	México
Académica de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas	México
Arizona Sonora Desert Museum, Tucson, Arizona	EUA
Arizona State University, Department of Anthropology, Tempe, Arizona	EUA
Ayuntamiento de Taxco	México
BRGM, Marseille, France	Francia
Brigham Young University, Provo, Utah	EUA
Brown University, Department of Geological Sciences	EUA
BUAP, Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales	México
BUAP, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas	México
BUAP, Facultad de Ingeniería	México
California Institute of Technology, Seismological Laboratory	EUA
Cascades Volcano Observatory, USA	EUA
CEBETis # 23, EIMMG, UAZ, Zacatecas, Zac.	México
CENAPRED, SEGOB	México
Centre de Physique du Globe, Institut Royal Météorologique de Belgique, Belgique	Belgica
Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, Hermosillo, Son.	México
Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán	México
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz	México
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Unidad Guaymas	México
Centro Interactivo de Enseñanza, San Luis Potosí, S.L.P.	México
Centro Nal. de Invest. y Desarrollo Tecnológico, Depto. de Ingeniería Mecánica, Cuernavaca, Mor.	México
Centro Studio Geologia dell'Apennino e delle Catene Perimediterranee, Sezione di Firenze, Firenze, Italia	Italia
CFE, Centro de Estudios Sismológicos, Zona Pacífico Norte	México
CFE, Depto. de Geofísica	México
CFE, Depto. de Geología	México
CFE, Estudios de Ingeniería Civil, Sismotectónica	México
CFE, Ger de Proy Geotermoeléct, Residencia Los Humeros CFE, Morelia, Mich.	México
CFE, Residencia de Estudios, Campo Geotérmico de Cerro Prieto, Mexicali, B.C.	México
CFE, Subgerencia de Exploración Geológica y Geofísica	México
CICESE, Dirección de Telemática	México
CICESE, División de Ciencias de la Tierra, Depto. de Geofísica Aplicada	México
CICESE, División de Ciencias de la Tierra, Depto. de Geología	México
CICESE, División de Ciencias de la Tierra, Depto. de Geología, Laboratorio de Geocronología	México
CICESE, División de Ciencias de la Tierra, Depto. de Sismología	México
CICESE, División de Oceanología, Depto. de Ecología	México
CICESE, División de Oceanología, Depto. de Oceanografía Física	México
Cinvestav, Mérida	México
Colecciones de Rocas y Minerales, Delegación Azcapotzalco, D.F.	México
Colegio de la Frontera Norte, Tijuana	México
Columbia University, Lamont-Doherty Earth Observatory, Palisades, NY.	USA
Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal Querétaro	México
Consejo de Recursos Minerales, Gerencia de Geofísica	México
Consejo de Recursos Minerales, Pachuca, Hgo.	México
Coordinación de Protección Civil, Unidad Departamental Técnica, Álvaro Obregón, México D.F.	México
Coord. de Tecnología de Riego y Drenaje, Subcoordinación de Cuencas, Lab. de SIG y PR	México
Coord. de Monitoreo Volcanológico-Sismológico, Subsecretaría Protección Civil, Gob. Edo. de Chiapas	México
CSA I CUNOR, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala	Guatemala
Depto. de Ordenamiento Territorial, Morelia, Mich.	México
DGETI, CETis	México
Ecoexel	México
EPOMEX, Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México	México
Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales	México
Fundación Pro-Reconstrucción de Teziutlán, A.C.	México

Geo Ingeniería Alfven, S.A. de C.V.	México
Geological Survey Argon Thermochronology Lab., Denver, CO.	EUA
Geotecnia y Concreto, S.C.	México
GODEZAC, Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado	México
GODEZAC, Consejo Estatal de Seguridad Pública	México
GODEZAC, Inst. de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas, Depto. de Impacto y Riesgo Ambiental	México
Grupo México	México
Harvard University, Department of Earth and Planetary Science, Cambridge, MA.	EUA
IGNS, Lower Hutt, New Zealand	Nueva Zelandia
Gerencia de Energías No Convencionales, Cuernavaca, Mor.	México
IIE, Gerencia de Geotermia, Cuernavaca, Mor.	México
IMP, Competencia de Tecnología de Exploración	México
IMP, Dirección Ejecutiva de Exploración y Producción	México
IMP, Exploración y Producción	México
IMP, Gerencia de Geociencias, México, D.F.	México
IMP, Gerencia de Ingeniería de Yacimientos	México
IMP, Programa de Invest. en Medio Ambiente y Seguridad, Grupo de Invest. en Sistemas Marinos	México
IMP, Zona Marina, Yacimientos	México
INAH, Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico	México
Industria Minera Indio, S.A.	México
INEGI, Coordinación Morelos	México
INEGI, Dirección General de Geografía	México
INIFAP, CENAPROS	México
Institut de Physique du Globe de Paris, Paris, France	Francia
Institut für Mineralogie, Petrologie und Geochemie, Ludwig-Maximilians-Universität-München, Deutschland	Alemania
Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radiowave Propagation, IZMIRAN, Rusia	Rusia
Instituto de Ciencias Geológicas y Nucleares de Nueva Zelanda	Nueva Zelandia
Instituto de Ecología, A.C.	México
Instituto de Geofísica y Astronomía, CITMA, La Habana, Cuba	Cuba
Instituto de Historia Natural y Ecología del Estado de Chiapas	México
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos	México
Instituto Mexicano del Transporte	México
Instituto Municipal de Planeación e Investigación de Cd. Juárez	México
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Puebla, Pue.	México
Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Dirección de Vulcanología	México
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, CONACyT	México
Instituto Tecnológico de Sonora	México
IPN, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Depto. de Oceanología, La Paz, B.C.S.	México
IPN, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Oaxaca	México
IPN, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Sinaloa	México
IPN, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Michoacán	México
IPN, CIIEMAD	México
IPN, ESIA, División de Estudios de Posgrado e Investigación	México
IPN, ESIA, Unidad de Ciencias de la Tierra	México
ISMM, Facultad de Geología y Minería, Depto. de Geología, Moa, Holguín, Cuba	Cuba
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo, Italy	Italia
ITESM, Dirección de Informática, Campus Zacatecas	México
Kent State University, Department of Anthropology, Kent, Ohio	EUA
King Fahd University of Petroleum and Minerals, Dhahran, Saudi Arabia	Arabia Saudita
Kingston University, School of Earth Sciences and Geography	Canadá
Kyoto University, Dep. of Geol. and Mineralogy, Division of Earth and Planetary Sciences, Japón	Japón
Laboratoire de Modelisation et Calcul, Rue des Mathematiques, Grenoble, France	Francia
Laboratoire de Pétrologie Magmatique, Uni. Aix-Marseille, Francia	Francia
Los Alamos National Laboratory	EUA
McMaster, Canada	Canadá
Museo de Geología	México
Museum of Texas Tech University, Lubbock, TX.	EUA

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Tsukuba, Japón	Japón
Okayama University, Institute for Study of the Earth's Interior, Japan	Japón
Oregon State University	EUA
Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada, Sidney, B.C., Canada	Canadá
PEMEX, Activo de Exploración Misantla-Golfo de México	México
PEMEX, Exploración y Producción, Activo de Exploración Salina del Istmo	México
PEMEX, Exploración y Producción, Activo Macuspana	México
PEMEX, Exploración y Producción, Región Marina Noreste	México
PEMEX, Exploración y Producción, Región Sur, Activo de Exploración Reforma-Comalcalco	México
PEMEX, Exploración y Producción, Tampico	México
PEMEX, PEP, Coordinador Ejecutivo de Estrategias de Exploración	México
PEMEX, Subgerencia de Operación Geológica, Villahermosa, Tab.	México
Sandstorm-Gam, Ingeniería Geotécnica	México
SEMARNAT, Instituto Nacional de Ecología	México
Seoul National University, School of Earth and Environmental Sciences, Seoul, South Korea	Corea del Sur
Servicio Geológico Metropolitano	México
Servicios Especializados en Ingeniería	México
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Institute of Geophysics, Novosibirsk, Russia	Rusia
Smithsonian Institution	EUA
Space Instruments Inc.	EUA
SUNY at Buffalo, Geology Department, Buffalo, NY.	EUA
Texas A&M University	EUA
U.S. Geological Survey, Argon Thermochronology Lab, Denver, Colorado, USA	EUA
UABC, Facultad de Ciencias Marinas	México
UABC, Facultad de Ingeniería	México
UABC, Instituto de Ciencias Agrícolas	México
UABC, Instituto de Investigaciones Oceanológicas	México
UABC, Instituto de investigaciones Sociales	México
UABCS, Depto. de Geología	México
UABCS, Depto. de Geología Marina, La Paz, B.C.S.	México
UACH, Facultad de Ingeniería, División de Investigación y Posgrado, Chihuahua, Chih	México
UANL, Facultad de Ciencias de la Tierra, Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica	México
UANL, Facultad de Ciencias de la Tierra, Posgrado en Ciencias Geológicas, Linares, N.L.	México
UASLP, CIEP, Facultad de Ciencias Químicas	México
UASLP, Facultad de Ingeniería	México
UASLP, Instituto de Geología	México
UAZ, Unidad Académica de Agronomía	México
UAZ, Unidad Académica de Ciencias Químicas	México
UAZ, Unidad Académica de Ingeniería de Minas, Metalurgia y Geología	México
UCOL, Facultad de Ciencias	México
UCOL, Facultad de Ciencias Químicas	México
UCOL, Fac. de Ciencias, Centro Univ. de Inv. en Ciencias del Ambiente, Colima, Col.	México
UCOL, Facultad de Ingeniería Civil	México
UCOL, Observatorio Volcanológico	México
UCOL, RESCO	México
UCSB, Geography Dept.	EUA
UMR, Geosciences Azur, CNRS, IRD-LGTE	Francia
UMSNH, Escuela de Ciencias Físico Matemáticas, Morelia, Mich.	México
UMSNH, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Depto. de Geología y Mineralogía	México
UMSNH, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Morelia	México
UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera	México
UNAM, Centro de Geociencias, Campus Juriquilla, Querétaro, Qro.	México
UNAM, Centro de Investigación en Energía, Temixco, Mor.	México
UNAM, DEPMI	México
UNAM, Depto. de los Recursos Naturales, Campus Morelia	México
UNAM, DERN, Lab. de Geoecología, Campus Morelia	México
UNAM, ENEP, Aragón	México

UNAM, Facultad de Ciencias	México
UNAM, Facultad de Ciencias, Museo de Paleontología	México
UNAM, Facultad de Estudios Superiores, Iztacala	México
UNAM, Facultad de Estudios Superiores, Zaragoza	México
UNAM, Facultad de Filosofía y Letras	México
UNAM, Facultad de Ingeniería	México
UNAM, Facultad de Ingeniería, Depto. de Geología y Geotecnia	México
UNAM, Facultad de Ingeniería, Depto. de Yacimientos Minerales	México
UNAM, Facultad de Ingeniería, División de Ciencias de la Tierra	México
UNAM, Facultad de Química	México
UNAM, IMADES	México
UNAM, Instituto de Astronomía	México
UNAM, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología	México
UNAM, Instituto de Ecología	México
UNAM, Instituto de Ecología, Campus Morelia, Mich.	México
UNAM, Inst. Ecología, Depto. de Ecología de los Rec. Nat., Lab. de Geoecología, Morelia, Mich.	México
UNAM, Instituto de Ecología, Hermosillo, Sonora	México
UNAM, Instituto de Geofísica, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico	México
UNAM, Instituto de Geofísica, Depto. de Geomagnetismo	México
UNAM, Instituto de Geofísica, Depto. de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear	México
UNAM, Instituto de Geofísica, Depto. de Recursos Naturales	México
UNAM, Instituto de Geofísica, Depto. de Sismología	México
UNAM, Instituto de Geofísica, Depto. de Vulcanología	México
UNAM, Instituto de Geofísica, Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear	México
UNAM, Instituto de Geofísica, Laboratorio Universitario de Geología Isotópica	México
UNAM, Instituto de Geofísica, Posgrado en Ciencias de la Tierra	México
UNAM, Instituto de Geografía	México
UNAM, Instituto de Geología, Depto. de Edafología	México
UNAM, Instituto de Geología, Depto. de Geología Regional	México
UNAM, Instituto de Geología, Depto. de Geoquímica	México
UNAM, Instituto de Geología, Estación Regional del Noroeste, Hermosillo, Son.	México
UNAM, Instituto de Geología, Estación Regional del Noroeste, Posgrado en Ciencias de la Tierra	México
UNAM, Instituto de Geología, Laboratorio de FRX	México
UNAM, Instituto de Geología, Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica	México
UNAM, Instituto de Geología, Posgrado en Ciencias de la Tierra	México
UNAM, Instituto de Ingeniería	México
UNAM, Instituto de Ingeniería, Coordinación de Ingeniería Sismológica	México
UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas	México
UNAM, Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas	México
UNAM, Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología	México
UNAM, Servicio Sismológico Nacional	México
Universidad Autónoma de Cd. Juárez	México
Universidad Autónoma de Chapingo, Depto. de Suelos	México
Universidad Autónoma de Guerrero, Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, Taxco el Viejo, Gro.	México
Universidad Autónoma de Guerrero, Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Facultad de Ingeniería	México
Universidad Autónoma de Querétaro, Posgrado en Ingeniería, Querétaro, Qro.	México
Universidad Autónoma de Sinaloa, Escuela de Ciencias de la Tierra	México
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra	México
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra	México
Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Interamericano de Recursos del Agua, Toluca	México
Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias, Lab. de Edafología y Ambiente	México
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, CEAMISH, Lab. Interdiscip. Sist. Inf. Geográfica	México
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, CIICAp, FCQel	México
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Fac. Arq., Sist. Estudios de Posgrado e Investigación	México
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Ciencias Biológicas	México
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Geografía	México
UAM, Div. Ciencias Biológicas y de la Salud, Depto. El Hombre y su Ambiente, Unidad Xochimilco	México

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa	México
Universidad de Arizona	EUA
Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Física y Matemáticas, Depto. de Geología	Chile
Universidad de Granada, Depto. de Geodinámica, Granada	España
Universidad de Granada, Facultad de Ciencias, Depto. de Geología, Granada	España
Universidad de Guadalajara, Centro de Ciencias de la Tierra	México
Universidad de Guadalajara, Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, CUC, CUCSH	México
Universidad de Guadalajara, CUCBA	México
Universidad de Guadalajara, Depto de Geografía	México
Universidad de Guadalajara, Depto. de Ciencias Ambientales	México
Universidad de Guadalajara, Depto. de Ecología	México
Universidad de Guadalajara, Depto. de Física	México
Universidad de Guadalajara, Depto. de Geografía y Ordenación Territorial, CUCSH	México
Universidad de Guadalajara, Depto. de Matemáticas, CUCEI	México
Universidad de Guadalajara, Depto. de Química, CUCEI	México
Universidad de Guadalajara, Instituto de Astronomía y Meteorología	México
Universidad de Guadalajara, Instituto de Ingeniería Sísmica	México
Universidad de Guadalajara, Laboratorio de Investigación, Posgrado en Ingeniería Civil	México
Universidad de Guanajuato, Facultad de Minas, Metalurgia y Geología	México
Univ. de Guanajuato, Ins. Ciencias Agrícolas, Cpo Académ. Producción y Desarrollo Agropecuario	México
Universidad de Lancaster, UK	Reino Unido
Universidad de Nariño, Colombia	Colombia
Universidad de Sonora, Depto. de Geología, Hermosillo, Son.	México
Universidad de Sonora, Posgrado en Geología	México
Universidad de Wageningen, Holanda	Holanda
Universidad degli Studi di Pisa, Istituto di Geoscienze e Georisorse, Pisa, Italia	Italia
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Agropecuarias	México
Universidad Veracruzana, Centro de Ciencias de la Tierra	México
Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil	México
Università degli Studi di Firenze, Dipartimento Scienze della Terra, Firenze, Italia	Italia
Università degli Studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Scienze della Terra, Napoli, Italia	Italia
Università degli Studi di Pisa, Dipartimento di Scienze della Terra, Pisa, Italia	Italia
Universitat de Barcelona, Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals, España	España
Universitat de Barcelona, Departament de Geodinàmica i Geofísica, Barcelona, España	España
Université de Bordeaux I, Talence, France	Francia
Université de Lille, Francia	Francia
Université de Nantes, Nantes, Francia	Francia
Université Henri Poincaré-Nancy I, Vandœuvre-lès-Nancy cedex, France	Francia
Université Pierre et Marie Curie, France	Francia
University of Alaska, Geophysical Institute, Fairbanks	EUA
University of Arizona, Department of Geosciences	EUA
University of Arizona, Department of Hydrology and Water Resources	EUA
University of Calgary, Canada	Canadá
University of California Santa Cruz	EUA
University of California, Institute for Crustal Studies, Santa Barbara, CA.	EUA
University of Colorado, Boulder, USA	EUA
University of Madras, Department of Geology, Guindy Campus, Chennai, India	India
University of Miami, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Sciences, Miami, FL.	EUA
University of Sheffield, Department of Archaeology and Prehistory	Reino Unido
University of South Carolina, Department of Geologic Science, SC.	EUA
University of Southern California	EUA
University of Texas at El Paso	EUA
University of Texas, Department of Geological Sciences, Austin, Texas	EUA
University of Tokyo, Earthquake Research Institute	Japón
University of Toronto, Department of Physics	Canadá
University of Victoria, School of Earth and Ocean Sciences, Victoria, B.C., Canada	Canadá
University of Wisconsin, Madison	EUA

USDA, Forest Service
Utrecht Universit, Faculty of Earth Sciences, The Netherlands
Williams Ct. Marion, SC, USA

EUA
Países Bajos
EUA

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA

EDITORIAL	i
DEPENDENCIAS PARTICIPANTES	iii

SESIONES

CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y CLIMATOLOGÍA	96
EDUCACIÓN EN GEOCIENCIAS	109
GEOHIDROLOGÍA	117
GEOLOGÍA DEL CUATERNARIO	130
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL, TECTÓNICA Y TECTONOFÍSICA	144
GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL	183
GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA PETROLERA	197
GEOMAGNETISMO Y PALEOMAGNETISMO	216
GEOMORFOLOGÍA	223
GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA	232
INGENIERÍA GEOLÓGICA, RIESGO GEOLÓGICO Y GEOTECNIA	263
MÉTODOS Y MODELACIÓN GEOFÍSICOS	272
MINERALOGÍA Y CRISTALOGRAFÍA	285
OCEANOLOGÍA	293
PALEONTOLOGÍA	303
RIESGOS Y PELIGROS	309
SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA	326
SENSORES REMOTOS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	343
SISMOLOGÍA Y GEODESIA	367
VOLCANOLOGÍA Y GEOTERMIA	385
YACIMIENTOS MINERALES	409

SESIONES ESPECIALES

EL CHICHÓN 1982-2002	416
FRACTURAMIENTO Y SUBSIDENCIA EN DEPÓSITOS RECIENTES	423

ÍNDICE DE AUTORES	428
PROGRAMA GENERAL	442

Sesión

Ciencias de la Atmósfera y Climatología

Lunes 4 — Martes 5

SALA B

CLIMA URBANO Y CONTAMINACIÓN

CAC-01

LA CLIMATOLOGÍA URBANA EN LOS TRÓPICOS.
DESARROLLO Y PERSPECTIVAS

Ernesto Jáuregui Ostos
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
E-mail: ejos@ccaunam.atmosfci.unam.mx

Al finalizar el siglo XX había 170 ciudades grandes (de un millón ó más de habitantes) en su mayoría situadas en países en desarrollo (WMO, 1996).

Para el año 2025 la mayoría de la población mundial vivirá en áreas urbanas de las cuales un 90% ocurrirá en el mundo en desarrollo, ubicado principalmente en los trópicos (UNEP World Bank, 1996). Estas cifras dan una idea de la relevancia y prioridades que debe darse a los estudios del clima de ciudades. Las grandes ciudades tropicales enfrentan actualmente una degradación de su ambiente incluidos aspectos del clima urbano tales como inundaciones, ondas de calor, contaminación del aire, etc. con efectos adversos a la salud. En el presente trabajo se ilustra el desarrollo de los estudios de clima urbano en los trópicos en comparación con los correspondientes a los países desarrollados. Una revisión bibliográfica revela que si bien en la década de los años 70 el número de trabajos de clima urbano en los trópicos representaba solo un 1% de los realizados en países industriales, para la década de los años 90 esta proporción subió a un 20%.

Aún cuando una parte considerable de dicho incremento estuvo constituido por estudios descriptivos que sólo requirieron instrumentación simple, ya al mediar los años 1980's se iniciaron los trabajos de clima urbano en los trópicos (p. ej. el balance energético) que implican un mayor grado de sofisticación. Finalmente se señalan las áreas de investigación en este campo que convendría desarrollar.

CAC-02

VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LAS
PARÁMETROS METEOROLÓGICAS Y CONTAMINANTES
EN GUADALAJARA, MÉXICO

Tereshchenko I.E., Figueroa A.M. y Filonov A.E.
Depto. de Física, Universidad de Guadalajara
E-mail: itereshc@ccip.udg.mx

Se hacen el análisis de la distribución espacio-temporal de los magnitudes meteorológicas y los contaminantes de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), México. fue utilizada la base de los datos horarios de la Red Automática de Monitoreo de Atmosférico, que pertenece a la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADES). En el trabajo se analizó la distribución de los datos horarios

promedios mensuales de la temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento y los seis contaminantes principales tales como: CO; SOX, NO₂, NOX, PM₁₀, O₃ de los años 1994-2001. La comparación de la fluctuación diaria de los parámetros meteorológicos claramente muestra una variabilidad anual. El curso diario de la temperatura para cada año analizado muestra variaciones específicas. En promedio las temperaturas máximas se identificaron en el periodo marzo a mayo entre las 14:00 y las 19:00 horas de la hora local (HL). En 1998, las mismas temperaturas se detectaron a partir de la segunda mitad de febrero hasta junio en el intervalo de las 13:00 a las 21:00 HL. Es decir las temperaturas máximas se iniciaron un mes antes y perduraron durante el día por 5 horas en comparación de 3 horas en otros años. Las temperaturas diarias mínimas (10 °C y menores) se observaron en el intervalo entre las 6:00 y las 9:00 HL. En 1998 estos valores de temperatura mínima se registraron desde enero a marzo entre las 5:00 y las 9:00 HL. El comportamiento diario de los valores de la humedad relativa fue diferente para 1998 y otros años. Valores pequeños (menores a 30%) se observaron desde diciembre a marzo en la segunda mitad del día. Tales valores se conservaron valores desde las 13:00 hasta las 19:00 HL, aunque en el año de 1998 estos valores se conservan desde las 11:00 hasta las 23:00 HL. Valores de humedad relativa superiores a 70% se observaron en las horas nocturnas y matutinas. La comparación entre la serie de tiempo analizada muestra que en general la humedad relativa registro valores mas bajos en año 1998. En este año se registró el fenómeno de El Niño mas intenso del siglo lo que de alguna manera fue también registrado por las estaciones de la RAMA en todas las variables meteorológicas. La velocidad y dirección del viento tuvieron un comportamiento diario y anual claramente identificado. Por la noche se observaron vientos débiles (1- 3 m/s) con dirección inestable, para la segunda mitad del día en general se intensifico el viento con una velocidad de hasta 5 m/s y hasta de 9m/s en 1998. En las horas del día dominaron los vientos de rumbo noroeste. El cálculo de la rosa de viento lineal nos muestra que en casi todas las estaciones el viento presenta dos ciclos, desde noviembre a mayo (periodo con poca lluvia) el viento muestra una rotación diaria; y desde junio a octubre, una dirección dominante hacia el norte (periodo de lluvias). El análisis de los contaminantes muestra que en la ZMG el ozono y las partículas menores a 10 micras (PM₁₀) rebasan con mayor frecuencia la norma y su distribución no es homogénea. De manera similar a los parámetros meteorológicos, el CO, O₃, PM₁₀, NO₂ y NO_x muestran los valores más altos en el año de 1998. Sin embargo el ozono y SO_x registraron los mayores valores de toda la serie en el año de 1996 cuando la norma de este contaminante superó dos veces el valor internacional. De forma general se observa una tendencia decreciente en los valores de todos los contaminantes a partir del año de 1999 hasta el fin de la serie analizada.

CAC-03

ANÁLISIS DE TENDENCIA TEMPORAL UTILIZANDO VARIABLES INDICADORAS EN LOS CONTAMINANTES QUE EXCEDEN CON MÁS FRECUENCIA LA NORMA (O₃ Y PM₁₀) EN LA CIUDAD DE GUADALAJARA, JALISCO

Rubén Sánchez Gómez¹ y Cecilia Nájera Cedillo²

¹ Depto. de Matemáticas, CUCEI, Universidad de Guadalajara

E-mail: rsanchez@ccip.udg.mx

² Depto. de Física, CUCEI, Universidad de Guadalajara

Los niveles altos de contaminación química observados en ciudades grandes, ha motivado el uso y aplicación de medidas con las que se pretende reducir de alguna forma las emisiones de gases a la atmósfera.

Establecer una metodología que permita dar seguimiento al comportamiento de los contaminantes es de suma importancia y en particular, haciendo énfasis en modelar las situaciones en las que se excede con más frecuencia la norma.

El análisis de magnitudes que exceden una norma o nivel u (umbral) se ha desarrollado en años recientes en muchas aplicaciones prácticas y la elección natural para modelar estas excedencias es la distribución Pareto generalizada.

En la ciudad de Guadalajara y zonas conurbadas, en base a la norma de calidad del aire, los contaminantes que exceden con más frecuencia la norma son el ozono (O₃) y las partículas suspendidas menores a 10 µg/m³ (PM₁₀).

Se presentan los resultados obtenidos al analizar las magnitudes que exceden la norma para estos dos contaminantes, se asume que estas excedencias se ajustan al modelo Pareto generalizado y se propone el uso de variables indicadoras para investigar el comportamiento de las excedencias año con año y para la serie completa.

CAC-04

RESULTADOS PRELIMINARES DEL MONITOREO DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS PM₁₀

Villa-Gómez D.K.^{1,2}, Escalona-Alcázar F.J.³, Paniagua-Chávez V.⁴ y Bañuelos-Quezada V.⁵

¹ Unidad Académica de Ciencias Químicas, UAZ

E-mail: denyskristalia@hotmail.com

² Subdirección de Investigación, Proyectos y Monitoreo Ambiental. Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

³ Depto. de Ordenamiento Ecológico, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

⁴ Depto. de Informática, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

⁵ Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

Las partículas PM₁₀ (tamaño menor que 10 micrómetros) son las de mayor importancia en los problemas de contaminación urbana, porque debido a su tamaño pueden penetrar pulmones y causar daños significativos a la salud.

El desarrollo que ha mostrado la zona conurbada Zacatecas-Guadalupe, así como el crecimiento de éstas ciudades ha traído consigo el incremento de las descargas atmosféricas, principalmente por el parque vehicular y la industria, sobre todo las actividades mineras. Esto ha creado la necesidad de conocer y tener un control sobre la calidad del aire.

En el Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas se ha iniciado, de forma irregular, el monitoreo de partículas PM₁₀ con el que se han determinado la concentración de metales pesados y bioformas. Los metales que se determinan son Pb, Cd, As, Ni, Cr, Cu y Au, debido a que la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL/93 los clasifica como peligrosos por su toxicidad en el ambiente y daños a la salud. Con la concentración de éstos elementos se obtienen los parámetros de toxicidad indicados en la NOM-052-ECOL/93, de esta manera se determina si se está dentro de los parámetros permitidos o no y, como el reporte es semanal se puede establecer la variación de concentración de PM₁₀ en diferentes periodos del año.

Los primeros resultados indican que la calidad del aire no es del todo satisfactoria debido a que un elemento está ligeramente por encima de la norma (Hg). Otros filtros están en proceso de análisis y los resultados que se obtengan permitirán constreñir la calidad del aire.

CAC-05

ANÁLISIS DE TENDENCIA ESPACIAL MEDIANTE COMPARACION DE POBLACIONES PARETO GENERALIZADO EN LAS CONCENTRACIONES DE OZONO Y PM₁₀ EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, JALISCO

Rubén Sánchez Gómez¹ y Cecilia Nájera Cedillo²

¹ Depto. de Matemáticas, CUCEI, Universidad de Guadalajara

E-mail: rsanchez@ccip.udg.mx

² Depto. de Física, CUCEI, Universidad de Guadalajara

La problemática atmosférica de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), como en la gran mayoría de ciudades grandes, se encuentra estrechamente ligada con las características de desarrollo industrial y afluencia vehicular.

Ahora bien, existen zonas predominantemente industrializadas y zonas con mayor circulación de automotores que otras. Geográficamente, la ZMG se ubica en el centro del Estado de Jalisco, al suroeste de la meseta central a una latitud de 20°39'54"N, longitud 103°18'42"W y una altitud promedio mayor a 1500 m sobre el nivel medio del mar. Al noreste de la ciudad se tienen alturas bajas (barrancas) de 100 a 200 m sobre el nivel de la metrópoli, pero el resto está franqueado por conjuntos montañosos con alturas de 100 a 300 m que constituyen parcialmente una barrera física natural a la circulación del viento, impidiendo el desalojo del aire contaminado fuera de la ZMG.

Bajo estas condiciones, es de esperarse que los niveles de contaminación en el aire presenten diferencias observables en los distintos puntos de monitoreo ambiental. Por esto, establecer comparaciones en las diferentes zonas proporciona la posibilidad de detectar puntos en los cuales los niveles de contaminación presentan comportamientos semejantes, o bien puntos de monitoreo que muestran mayor riesgo de exceder la norma.

En este trabajo se exhiben los resultados obtenidos al analizar las magnitudes que exceden la norma de calidad del aire, utilizando el modelo Pareto generalizado. Se presenta un estudio de comparación de poblaciones para establecer la distribución espacial de las concentraciones de los contaminantes registrados en la Red Automática de Monitoreo Ambiental instalada en la ZMG.

CAC-06

IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO DE MUESTREO Y ANÁLISIS DE ÁCIDOS CARBOXÍlicos EN AIRE AMBIENTE: FASE GAS Y MATERIA PARTICULADA

María Teresa Limón-Sánchez^{1,2}, José Luis Arriaga-Colina² y Luis Gerardo Ruíz-Suárez¹

¹ Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

E-mail: mlimon@www.imp.mx

² Instituto Mexicano del Petróleo

Ácidos carboxílicos de bajo peso molecular presentes en aire ambiente fueron colectados en fase gaseosa y en materia particulada de enero a marzo de 2002 en tres sitios en la Ciudad de México: Caseta de la RAMA La Merced (MER), techo del Centro de Ciencias Multidisciplinarias (IZT) y techo del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CU). El muestreo se realizó con ayuda del Sistema de Despojador Anular (SDA) a un flujo de 10 lpm, durante 12h de muestreo de 06:00 a 18:00h y de 18:00 a 06:00h cada cuarto días. Las muestras se transportaron al laboratorio sobre una cama de hielo azul, donde se extrajeron y analizaron por medio de la técnica de cromatografía de líquidos con detección ultravioleta a 210nm. Las especies encontradas en los extractos fueron ácido fórmico (CHOOH), ácido acético (CH₃COOH) y ácido propiónico tanto en fase gaseosa como en particulada. La concentración promedio para cada especie es 15.6, 14.1 y 4.3 µg/m³, respectivamente.

CAC-07

DESARROLLO DE UNA TÉCNICA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO QUE PERMITE LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE FORMALDEHÍDO EN FASE GAS Y FASE PARTÍCULA PRESENTE EN LA ATMÓSFERA

Andraca-Ayala G.L., Ruíz-Suárez L.G. y Montero G.

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

E-mail: gema@ccaunam.atmosfcu.unam.mx

Para la determinación de formaldehído en la atmósfera se han venido usando diversas técnicas de muestreo que permiten obtener ya sea la fase gas, la fase partícula o la suma de ambas como un total sin poder diferenciar entre ambas. Debido a esto se ha desarrollado una técnica de monitoreo que permita la determinación del equilibrio del formaldehído en las dos fases al mismo tiempo.

El sistema desarrollado es un acoplamiento de dos técnicas de muestreo, en un sólo procedimiento. Se utilizaron dos despojadores anulares (URG) de tres canales recubiertos en su interior con una solución ácida de 2,4 dinitrofenilhidrazina para la captura de fase gas de formaldehído presente en la atmósfera, acoplados a un portafiltro contenedor de una membrana de teflón (Gelman Science) de 47 mm con un poro de 1 µm para la captura de partículas. Esta membrana era tratada inmediatamente después de finalizado el monitoreo con una solución de 2,4 dinitrofenilhidrazina (DNPH) para fijar el formaldehído contenido en las partículas para su posterior análisis. El análisis químico fue por cromatografía de líquidos y detección uv-vis.

En muestreos realizados en la Ciudad de México los resultados obtenidos nos indican concentraciones de fase gas desde 26.54 a 11.99 µg/m³, y para formaldehído en fase partícula de 4.37 a 3.03 µg/m³. Las concentraciones en fase gas se encuentran en los niveles reportados en otros trabajos. En lo que respecta la fase partícula los resultados están por encima de los reportados en otras técnicas de muestreo.

Esto puede deberse a que la configuración del equipo que se desarrolló en este trabajo permite evitar la mayoría de los errores de muestreo. En el sistema de muestreo se colocó como primer término un ciclón (URG) con un punto de corte específico de 2.5 µm, a continuación un despojador anular de tres canales de 15 cm de largo recubierto con una solución de KI al 10%, en serie a este un despojador anular de tres canales de 24.5 cm de longitud recubierto con una solución de DNPH para la captura de formaldehído en fase gas, acoplado a este el portafiltros contenedor de la membrana de teflón, finalmente un segundo despojador anular de tres canales recubierto con DNPH para capturar la fase gas que se desprende de las partículas acumuladas en la membrana de teflón. De esta forma la fase partícula reportada es la suma de la concentración determinada en la membrana y en el segundo despojador.

CAC-08

LA CONCENTRACIÓN DE SO₂ EN LA ATMÓSFERA DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y LOS CAMBIOS O REFORMULACIÓN DE DIVERSOS COMBUSTIBLES FÓSILES

José Luis Bravo¹, Ma. Magdalena Nava² y Jorge Raúl Gasca²

¹ Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

E-mail: jlbravo@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Instituto Mexicano del Petróleo

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) presenta problemas de calidad del aire relacionados con las características de su alta densidad poblacional, características geográficas y de la abundancia de fuentes fijas y móviles en el área. Entre los compuestos cuya presencia es dañina tanto para la salud como para el ambiente se encuentra el bióxido de azufre (SO₂) emitido principalmente por la combustión de energéticos conteniendo azufre, para los cuales ya hay estrategias de control.

Se analiza el comportamiento de los niveles de SO₂ atmosféricos y su relación con el volumen detallado de la demanda regional de combustibles fósiles del tipo petrolíferos, así como su especificación de calidad en el periodo 1988-2000. Los datos usados provienen de las bases de datos del Instituto Mexicano del Petróleo referentes al inventario de combustibles y a las concentraciones de SO₂ determinadas por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) del GDF. Se analizan los valores medios que representan la zona total, como ZMCM y separadamente sus 5 regiones (Noreste, Noroeste, Centro, Sureste y Suroeste).

Empleando Análisis de Cúmulos se identificaron 3 periodos en el comportamiento del contaminante. El primero, con niveles altos, va de 1988 hasta diciembre de 1991, fecha en la que se eliminó del mercado el uso de combustóleo en la ZMCM; el segundo hasta octubre de 1993, período caracterizado por la inestabilidad en la concentración debido a la implantación de las medidas más importantes para reducir los niveles y el tercer período, a partir de esa fecha y hasta octubre de 2000, con estabilidad de las concentraciones en niveles por debajo de la norma. Empleando las observaciones del primero y último periodos se ajustaron líneas por mínimos cuadrados para evaluar el contenido de azufre en función de la concentración de SO₂ por región.

Como resultado de las acciones para controlar el azufre en los petrolíferos, la concentración de SO₂ se abatió en proporciones variables que van desde 61.2% hasta 71.3% en las diferentes áreas de estudio. No obstante, las estaciones ubicadas al norte, presentaron valores inusuales y altos de SO₂, de noviembre de 2000 a marzo de 2001, que exceden los intervalos de confianza de 90% de los pronósticos realizados con modelos ARIMA a la parte estable de las series. El modelo permitió determinar la magnitud de la emisión, lo cual indica el uso temporal de combustibles ricos en azufre, no registrados en el inventario de demanda de esta región.

CAC-09

MEDICIONES DE CARBONILOS EN EL VALLE DE MÉXICO Y SU CORRELACIÓN EN EL CAMBIO DE EMISIONES POR CAMBIO DE GASOLINA

Guillermo Montero Martínez y Gema Luz Andraca Ayala

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

E-mail: gmontero@ccaunam.atmosfci.unam.mx

Los compuestos carbonilos son de importancia primordial en los procesos de esmog fotoquímico y se han identificado más de 50 diferentes compuestos de este tipo en la atmósfera. Estos compuestos son emitidos directamente o bien como resultado de reacciones químicas de una gran variedad de especies orgánicas presentes en el ambiente.

Durante los años de 1996 a 1998 se realizaron mediciones de carbonilos en cuatro sitios aledaños al Valle de México. La metodología para coleccionar las muestras consistió en la utilización de despojadores anulares y filtros impregnados con 2,4-dinitrofenilhidrazina. El objetivo fue coleccionar una mayor cantidad y variedad de compuestos, ya que el volumen de aire que pasa a través de este sistema es mucho mayor que en otros sistemas de colección, como es el caso de los cartuchos.

El análisis de las muestras fue hecho en un cromatógrafo de líquidos con un detector UV/Visible y se cuantificaron hasta cinco carbonilos diferentes. Los compuestos determinados son los más ligeros, aunque existen más picos en los cromatogramas. Análisis posteriores por medio del factor de capacidad, k', indican una variación en las concentraciones de carbonilos con 5 átomos de carbono entre las muestras de 1998 y años anteriores. Esta variación se atribuye principalmente al cambio de tipo de gasolina distribuida en la zona metropolitana de la Ciudad de México durante el verano de 1997 y a la instalación de mejores sistemas de recuperación de vapores en las gasolineras de la ciudad.

CAC-10

RESULTADOS PRELIMINARES DEL MONITOREO DE RAYOS UV EN ZACATECAS

Villa-Gómez D.K.^{1,2}, Escalona-Alcázar E.J.³, Paniagua-Chávez V.⁴ y Bañuelos-Quezada V.⁵

¹ Unidad Académica de Ciencias Químicas, UAZ

E-mail: denyskristalia@hotmail.com

² Subdirección de Investigación, Proyectos y Monitoreo Ambiental, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

³ Depto. de Ordenamiento Ecológico. Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

⁴ Depto. de Informática. Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

⁵ Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

La radiación solar ultravioleta es la radiación solar invisible que ocurre en tres rangos de longitudes de onda UV-A, UV-B y UV-C. De las cuales, la UV-B es la más dañina para la salud

de las personas y los ecosistemas. La Ciudad de Zacatecas debido a su ubicación geográfica y altitud está más expuesta a este efecto nocivo. Asimismo la Ciudad de Fresnillo, por su cercanía con el Trópico de Cáncer. Para evaluar el efecto nocivo que pudiera tener la radiación UV-B y cuantificar sus efectos desde abril del año 2001 se realiza un monitoreo continuo de la radiación solar ultravioleta en las bandas UV-A y UV-B. El monitoreo genera un registro cada media hora.

Para sistematizar el registro y almacenamiento de los datos se diseñó un programa que permite visualizar la intensidad de la radiación solar ultravioleta en las bandas UV-A y UV-B durante el día. El programa está diseñado de tal manera que la intensidad de la radiación es desplegada en una gráfica tiempo vs intensidad (UV-A y UV-B). Este programa de monitoreo busca definir el tiempo de exposición que puede tener una persona a determinadas horas del día y durante las diferentes épocas del año antes de ser afectada por los rayos UV.

El análisis inicial de la información se basa en las intensidades de radiación observadas, principalmente en la banda UV-B, en las diferentes estaciones del año. Esta información es la que se va a utilizar para informar a la población sobre la intensidad de la radiación solar y que es reportada como el Índice UV, el cual provee los niveles de intensidad en una escala que va de cero a 15. En donde el cero significa un riesgo mínimo de exposición y más de 9 indica un gran peligro para la salud.

Los primeros resultados del monitoreo muestran que durante el verano del 2001 se registraron los niveles mas altos del índice UV, de 7 a 9. Los valores pico se registraron en el intervalo entre las 12 y 2 de la tarde.

CAC-11

OPTIMAL ALLOCATION OF A NEW INDUSTRIAL PLANT

Yuri N. Skiba¹ and Valentina Davydova-Belitskaya²

¹ Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

E-mail: skiba@servidor.unam.mx

² CUCBA, Universidad de Guadalajara

E-mail: vdavidov@udg.serv.cencar.udg.mx

Solutions of a two-dimensional (vertically integrated) transport-diffusion-reaction model and its adjoint are used for estimating the impact of industrial emissions in the Guadalajara City Metropolitan Area (GCMA). Two equivalent direct and adjoint mean pollution concentration estimates are considered for ecologically important zones of the GCMA (the Colomos Park, Historical Center and Zoo). The dependence of these estimates on the number, positions and emission rates of industrial plants, as well as on the wind and initial pollution distribution in the GCMA is qualitatively and quantitatively examined. It is shown that the adjoint model solutions serve as the influence functions providing valuable information on the role of each of the industrial plants in polluting different zones within the GCMA. These solutions have been calculated with balanced and absolutely stable second-order finite-difference

schemes based on the splitting of the model operator in x- and y- directions. Two types of climatic wind (the rainy season wind and dry season wind) and air quality estimates in the three above-mentioned ecological zones have been used in the numerical experiments described here. As one of the applications of the adjoint solutions approach, we describe a method for determining a suitable position of a new industrial plant in the area, which already contains N industries in operation. The position found for the new industry is optimal in the sense that emissions from the plant do not result in violating established sanitary norms in all the ecological zones inspected. A simplified situation, when only eleven industrial plants operate in the GCMA (N=11), is considered as an example to illustrate the method.

CAC-12

SALUD AMBIENTAL DEL LAGO DE CHAPALA

Orozco-Medina Marta Georgina y Davydova-Belitskaya Valentina
Departamento de Ciencias Ambientales, CUCBA, Universidad de Guadalajara

E-mail: mgorozco@megared.net.mx

El agua es uno de los recursos naturales que más requieren atención, cuidado y esfuerzo para realizar acciones en torno a su recuperación. Evidentemente, el desarrollo de las comunidades humanas a través del tiempo ha desencadenado, una serie de hechos críticos que han provocado que este vital elemento presente una situación alarmante de contaminación y agotamiento (Yunes, 1994). En este sentido, imaginar el futuro escenario ambiental es desalentador y preocupante.

De la misma manera que el agua, principal generador y conservador de vida en el planeta tierra, atraviesa por un periodo del que depende su recuperación o agotamiento, el lago de Chapala, enfrenta un panorama difícil en el que su carácter natural lo lleva a una lenta y paulatina extinción. Además, su papel como abastecedor intensivo para la agricultura, industria y desarrollo urbano de una zona importante en el occidente de México, ha ocasionado que se intenten realizar en corto tiempo acciones reguladoras y sostenibles con vistas a su recuperación, lamentablemente no ha sido en lo general una intervención oportuna que lleve a frenar o atenuar su destino natural de agotamiento.

Basándose sobre el Plan Nacional de Desarrollo (México, 1994-2000) que plantea buscar el equilibrio global y regional entre los aspectos económicos, sociales y ambientales de forma que se logre contener su deterioro e inducir un ordenamiento territorial con base a las capacidades ambientales de cada zona, y dadas las características de uno de los ecosistemas más importantes y representativos de la región, se plantea este estudio con el objeto de diagnosticar el estado ambiental del lago de Chapala, predecir su capacidad de amortiguamiento, proponer soluciones posibles para evitar un deterioro mayor de este ecosistema regulador de las condiciones climáticas y ambientales de la región en la que se ubica, y finalmente, aportar elementos que fortalezcan la aplicación de las

propuestas que se derivan del "Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco", por ser además una de las regiones consideradas como prioritarias desde el punto de vista ambiental, social y productivo (POET, 1999).

Este proyecto presenta algunas fases de diagnóstico de ciertos elementos ambientales clave para el diagnóstico del lago, adhiriéndose posteriormente a una importante fase de percepción social de la población expuesta, como un testimonio que permite una visión interesante y valiosa del problema, y plantea una vez más, la necesidad de desarrollar propuestas tanto ambiental como socialmente conciliadoras y congruentes para garantizar su viabilidad de ejecución. De tal forma, el presente estudio ofrece una visión en la que confluyen los datos que se pueden traducir en indicadores esenciales para conocer las condiciones de salud ambiental del lago de Chapala.

VARIABILIDAD CLIMÁTICA

CAC-13

LA REVISTA ATMÓSFERA

René Garduño
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
E-mail: rene@ccaunam.atmosfcu.unam.mx

Se presenta la evolución durante los últimos años y la situación actual de la revista especializada *Atmósfera*, publicada por el Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Destaca su inclusión en Science Citation Index en 1999. A principios de este año, su cuerpo editorial cambió por el retiro de sus fundadores. Se analiza el perfil académico, el enfoque científico y la política editorial de la revista.

CAC-14

LA OSCILACIÓN DECADEAL DEL PACÍFICO Y LA FLUCTUACIÓN DE LAS LLUVIAS DE INVIERNO EN LA VERTIENTE CONTINENTAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Luis Brito-Castillo y Amando Leyva-Contreras
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Unidad Guaymas
E-mail: lbrito@cibnor.mx

En este trabajo, en el período de 1921 a 1999, se estudia la relación entre la variación de las lluvias de invierno en la vertiente continental del Golfo de California y la variación de la temperatura superficial del Océano Pacífico del norte conocida como Oscilación Decadal del Pacífico (ODP). La zona de estudio se regionaliza utilizando la técnica de Funciones Empíricas Ortogonales con rotación con el método Varimax y se delimitan la región norte y la región sur. Las series estacionales fueron alizadas utilizando un filtro Hamming de orden 10. Se encuentra que las series de precipitación invernal en ambas regiones muestran tendencia hacia las bajas frecuencias con fluctuaciones del orden de 20 a 30 años tal como sucede con

el índice de la ODP (IODP). Durante 1921 a 1999, los resultados muestran que las lluvias de invierno y del IODP estuvieron en fase, es decir, las anomalías positivas del IODP corresponden con períodos de abundancia de lluvias invernales, mientras que las anomalías negativas del IODP corresponden con períodos de lluvia por debajo del normal. La correlación entre las lluvias y el IODP fue estadísticamente significativa al 95% ($r = 0.57$, $n = 79$). Una posible explicación a este fenómeno puede estar relacionada con el desplazamiento de la corriente de chorro polar. Cuando las aguas del Pacífico norte son más frías que normal (fase negativa del IODP), la corriente de chorro se desplaza muy al norte desviando las tormentas extratropicales en el mismo sentido provocando condiciones secas de invierno en la zona de estudio y viceversa, un mar cálido permite que las tormentas extratropicales penetren más al sur beneficiando la zona de estudio al crear un gradiente térmico en el océano y condiciones favorables para la formación de nublados. Las condiciones de la temperatura superficial del mar en el Pacífico norte, indican que la era de aguas cálidas está concluyendo, lo que significa condiciones secas de invierno en la zona de estudio para la próxima década.

CAC-15

PRECIPITATION VARIABILITY IN TIJUANA, MEXICO: INTRASEASONAL TO DECADEAL

Tereza Cavazos y David Rivas
Depto. de Oceanografía, CICESE
E-mail: tcavazos@cicese.mx

Precipitation variability in Tijuana during 1950-2000 is investigated through statistical analysis giving emphasis to extreme precipitation events (top and bottom 10%). The interannual variability is associated with El Niño/Southern Oscillation (ENSO), which explains 28% of the rainfall variability. Extreme years better correlate to strong El Niño events than strong La Niña; this is, the impacts of the extremes of ENSO in the region do not seem to be linear. There is a tendency to occur more rainfall and floods (less rainfall and less extreme events) during El Niño events (during La Niña). However, during normal years or non-ENSO, there is also a high probability that floods occur (droughts), but less than in El Niño years (more than during La Niña). Extreme events during non-ENSO years are possibly linked to tropical intraseasonal oscillations such as the Madden-Julian Oscillation (MJO) and synoptic events from the mid-latitudes. It is important to emphasize that floods in Tijuana occur during El Niño years as well as in normal years (non-ENSO) and therefore, the appropriate preventions must be taken to minimize the impact of these disasters.

The interannual variability shows decadal changes with relatively dry periods (1950-1976) followed by relatively humid periods (1977-1998) possibly associated with climatic changes in the North Pacific (Pacific Decadal Oscillation: PDO). The PDO explains 18% of the rainfall variability and it is found that the most humid years as well as the largest number of floods

occurred during the constructive phase of El Niño/PDO+. A change in the PDO and rainfall anomalies has been observed since the end of the 1990s towards more negative conditions, as in the 1950s and 1960s; if this condition continued, it could possibly imply a change towards a relatively less humid period than that of the 1980s and 1990s, then more persistent droughts could be expected in the region during this and the following decade.

CAC-16

OBSERVACIÓN DE VIENTOS 'SANTA ANA' EN LA BAHÍA DE TODOS SANTOS E ISLA GUADALUPE, BAJA CALIFORNIA, EN FEBRERO DEL 2002

Affonso Mascarenhas, Rubén Castro, Asdrubal Martínez-Díaz-de-León y Eduardo Gil-Silva
Facultad de Ciencias Marinas, UABC
E-mail: rubenc@uabc.mx
Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

Durante el período del 9 al 11 de febrero del 2002, la península de Baja California (BC) fue afectada por condiciones debido a la ocurrencia de vientos Santa Ana. Los efectos de dichos vientos, fueron detectados en imágenes satelitales de color y temperatura superficial del mar, como "plumas" de polvo y de agua fría en la costa del Pacífico frente a BC. Observaciones meteorológicas dentro de la Bahía de Todos Santos (BTS), BC y en la Isla Guadalupe, BC, son utilizadas para describir la variabilidad durante el periodo que duró la condición Santa Ana. El análisis muestra claramente como el evento se manifiesta inicialmente en la BTS a partir de las 7:00 a.m. del 9 de febrero, con un marcado incremento en la velocidad media del viento, el cual pasó de 1.3 a 9.6 m/s en menos de tres horas, mientras que los valores máximos de la velocidad del viento cambiaron de 2.8-16.9 m/s en el mismo intervalo de tiempo. Los intensos vientos continuaron soplando las siguientes 48 horas, alcanzando valores máximos de 21.5 m/s. La dirección del viento cambió de Oeste-Norte-Oeste a N (300°-0°) a Noreste (60°-70°). La humedad relativa decreció de 89 a 10% en un período de dos horas. La temperatura del aire tuvo un cambio de 10.3-11.9°C a 21-24°C. La influencia de la condición Santa Ana también fue claramente observada en la Isla Guadalupe, que se localiza a 360 km al suroeste de la BTS. Sin embargo esta influencia es observada aproximadamente 17 horas mas tarde. A diferencia de la BTS, los rasgos meteorológicos más relevantes observados en Isla Guadalupe se presentan en la humedad relativa y la dirección del viento. Análisis de balance de calor demuestran como los intensos vientos y la baja humedad produjeron pérdidas de calor de la superficie del mar bastante considerables en la BTS: tres días antes al evento Santa Ana, el flujo de calor latente en promedio presentó pérdidas de -30 W m^{-2} , durante el evento el promedio fue de 290 W m^{-2} , con el máximo de 580 W m^{-2} . El flujo de calor sensible, tuvo una ganancia de calor del océano en promedio de 5 W m^{-2} , sin embargo, durante el evento la pérdida de calor fue de 157 W m^{-2} , con el máximo de 190 W m^{-2} . Diez días después (21-23 de

febrero), se presentó otro evento Santa Ana, pero con vientos de menor magnitud, cuyo máximo en la BTS fue de 10 m/s, sin embargo la temperatura alcanzó los 25°C y la humedad relativa los 12%.

CAC-17

PULSOS DE HUMEDAD SOBRE EL GOLFO DE CALIFORNIA

Juan Carlos Leal y Michael W. Douglas
IMADES
E-mail: jcleal@cideson.mx

A partir de 9 años (1980-88) de observaciones tanto de la Red Mexicana de Radiosondeo como de la Estadounidense e información de NCEP, se describen algunos aspectos de la intrusión de una masa de aire más húmedo y moderadamente frío, acompañada de viento relativamente fuerte que se propaga por los niveles bajos de la atmósfera del Golfo de California. Estos eventos que ocurren durante el monzón mexicano, son generalmente referidos como pulsos de humedad. Se presenta un compuesto de 38 pulsos de humedad claramente definidos por su paso en Empalme, México. Usando las observaciones de los radiosondeos se obtuvo un compuesto con el cual se describe la estructura a escala sinóptica del pulso de humedad dos días antes y después de su paso por Empalme. Este revela que los pulsos de humedad, siendo más intensos en la troposfera baja, están asociados con una perturbación ciclónica de bajas latitudes que pasa por el sur del Golfo de California; ésta puede delineararse desde el Golfo de México. Con base en el uso de la información de NCEP para los mismos eventos, se obtiene una evolución similar, aunque con una amplitud más débil.

CAC-18

FLUJOS DE MOMENTO MERIDIONAL POR PERTURBACIONES EN EL CARIBE

José Antonio Salinas Prieto y Víctor O. Magaña
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
E-mail: jsalinas@tlaloc.imta.mx
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Se presenta un estudio del flujo de momento por perturbaciones de período entre 3 y 9 días y su relación con las aceleraciones del viento zonal registradas en el Caribe en niveles bajos (925 mb) en verano del hemisferio norte.

Se calcula el vector de flujo Eliassen-Palm como un indicador de la distribución de momento horizontal debido a perturbaciones y la isotropía de éstos eddies. Estimando la divergencia de éste vector de flujo de momento en el Atlántico y el mar Caribe, se identifican áreas de convergencia meridional que favorecen la aceleración del flujo medio zonal.

Se calculó la transformación barotrópica entre perturbaciones y flujo medio zonal, mediante éste vector y el gradiente de la corriente media.

Los análisis muestran una transformación barotrópica negativa en el Caribe entre mayo y agosto (los eddies pierden energía cinética cediéndola a la corriente media zonal), acelerándola mediante convergencia meridional de momento debido a perturbaciones. Para los meses de septiembre y octubre la transferencia es positiva (los eddies ganan energía cinética tomándola de la corriente zonal, desacelerándola con ello) intensificándose los eddies entre el Caribe y Península de Yucatán en éste período.

El balance de momento entre aceleraciones zonales y la convergencia meridional de momento en el Caribe demuestran el proceso de transferencia energética entre perturbaciones y flujo medio citado, con mayor claridad en el Caribe.

CAC-19

PRONÓSTICO ESTACIONAL EN LA REPÚBLICA MEXICANA USANDO UN MODELO TERMODINÁMICO

Victor M. Mendoza, Berta Oda y J. Adem
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
E-mail: victor@ccaunam.atmosfcu.unam.mx

Se usa el modelo termodinámico del clima (mtc), desarrollado en el Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, para llevar a cabo pronósticos estacionales de las anomalías de la temperatura de la superficie y de las anomalías de la temperatura del aire en el nivel de 700 mb así como de la precipitación en el Hemisferio Norte con especial énfasis en la República Mexicana.

Usando una base de datos de 39 años de NOAA/NCEP se llevaron a cabo una serie de experimentos numéricos en donde una verificación objetiva muestra estadísticamente que el mtc tiene cierta habilidad para pronosticar las anomalías de la temperatura del aire en el nivel de 700 mb y de la precipitación en la República Mexicana.

El pronóstico de las anomalías de la precipitación se lleva a cabo usando una formula paramétrica que expresa dichas anomalías en términos de las anomalías de la temperatura del aire y del viento térmico en el nivel de 700 mb.

La habilidad del mtc en el pronóstico estacional esta basada en el hecho de que el modelo es capaz de generar anomalías de temperatura del aire en el nivel de 700 mb a través de los flujos desde la superficie del mar de radiación de onda larga, de calor sensible y calor latente (este último liberado por condensación al nivel de las nubes). Posteriormente, dichas anomalías en la atmósfera son transportadas al continente por turbulencia de gran escala vía un coeficiente Austausch y por viento térmico en la atmósfera media, en el continente estas anomalías interactúan con la superficie generando a su vez anomalías en la temperatura del aire de la superficie continental y anomalías en la precipitación.

CAC-20

EFFECTOS DE "EL NIÑO" 2002-03 EN LA PRECIPITACIÓN DEL ESTADO DE GUANAJUATO

Genaro Montesinos Silva
Cuerpo Académico de Producción y Desarrollo Agropecuario,
Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato
E-mail: genaros@dulcinea.ugto.mx

A partir de septiembre del 2001 comenzaron a difundirse los pronósticos de la posibilidad de un evento débil "El Niño" en el 2002. Conforme fue transcurriendo el tiempo, las predicciones se hicieron más precisas y en el mes de abril de este año, aun sin puntualizar la intensidad del evento, las comunicaciones de la NOAA mencionaban los probables impactos en el clima del vecino país del norte. El reporte oficial del retorno del ENSO, ratificado como débil, fue hecho por dicha agencia en los primeros días de julio del 2002.

En este contexto, por primera vez en nuestro país se desarrollaron acciones para aprovechar la información obtenida en los estudios de los eventos pasados, sobre los impactos del fenómeno en nuestras condiciones climatológicas, destacándose el desarrollo de los Foros sobre El Niño y la Predicción Climática en México, de los cuales se generaron importantes conclusiones, así como la difusión en la red de pronósticos climatológicos estacionales. Para el caso del Estado de Guanajuato, se previó un retraso en el establecimiento de la temporada de lluvias, y la presencia de un déficit de la precipitación en el mes de junio, si bien la precipitación anual tendría un valor cercano al normal.

Usando la información generada por 14 estaciones en la entidad, los resultados preliminares de un análisis de la distribución de la precipitación, muestran que aunque hubo localidades con inicio "normal" del temporal a mediados de junio, como la capital del estado, el retraso del inicio de la estación de lluvias fue de dos semanas para la mayoría de las estaciones, y de casi un mes en localidades como Acámbaro, Dolores Hidalgo, Irapuato, y San Luis de la Paz.

Un efecto que caracteriza a "El Niño" del 2002-03, es la falta de presencia de la sequía intraestival, la cual normalmente había ocurrido en la región en otros años entre la última decena de julio y la primera de agosto, relacionada de manera directa con la presencia e intensidad del evento.

CAC-21

COMPORTAMIENTO E INTERACCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS, E - P - T EN LA CUENCA DEL LAGO DE CHAPALA

Davydova-Belitskaya V.¹, Esparza Santana R.¹, Martínez Zatarain A.² y Guzmán Arroyo M.²

¹ Depto. de Ciencias Ambientales, Universidad de Guadalajara
E-mail: vdavidov@udgserv.cencar.udg.mx

² Depto. de Ecología, CUCBA, Universidad de Guadalajara

Ultimamente se ha especulado acerca de que el estado actual de los niveles del lago de Chapala está a expensas de factores naturales tales como incremento de evaporación y disminución de precipitación en la cuenca, relacionados con variaciones climáticas naturales a muy largo plazo (>40 años). Por otro lado, existe una serie de trabajos bien fundamentados que atribuyen el estado deplorable del lago no a factores climáticos naturales sino a componentes antropogénicas; las entradas (rio Lerma principalmente) y salidas (rio Santiago, Santa Cruz, uso clandestino, etc.) de agua.

El análisis del comportamiento espacial y temporal de la interacción de las variables climatológicas observadas sobre la cuenca del lago de Chapala permiten evaluar su contribución en el balance hidrológico del lago y por lo tanto, prever la modificación de los niveles y volúmenes de éste considerando las entradas y salidas de agua.

En el trabajo fueron analizadas las series largas de los totales diarios, mensuales y anuales por precipitación (R, mm) y evaporación (E, mm). Además se analizó la relación de la evaporación con los promedios diarios, mensuales y anuales por temperatura. El estudio del comportamiento temporal se basó en el análisis espectral y técnicas de descomposición de series largas. Técnicas de interpolación se aplicaron para inferir sobre el comportamiento espacial.

Entre los resultados más importantes que fueron obtenidos en ésta etapa del trabajo se pueden mencionar los siguientes: determinación de las tendencias tanto lineales como no lineales de todos los parámetros climatológicos, su descomposición estacional y cíclica. Estimación de la variabilidad climática inter e intra estacional. Cálculo de las fechas de inicio y fin de la temporada de lluvias en cada una de las estaciones. Construcción de los campos por temperatura, evaporación, precipitación y su variación interanual e interestacional.

El estudio fue financiado con fondos del CONACyT y de la Universidad de Guadalajara.

CAC-22

EVALUACIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE RADIACIÓN SOLAR CON IMÁGENES DEL SATÉLITE GOES, EN EL NOROESTE DE MÉXICO

Miguel Agustín Rivera Díaz, Jaime Garatuza Payán y Christopher J. Watts

Instituto Tecnológico de Sonora
E-mail: garatuza@yaqui.itson.mx

El objetivo del presente proyecto es evaluar los flujos de radiación solar en la región noroeste de México, estimados a partir de imágenes de los satélites GOES-10 y GOES-8, correlacionando estos datos con mediciones obtenidas en dieciséis estaciones piranométricas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), para el periodo de enero-agosto de 2000. La zona de estudio está comprendida entre los paralelos 22.5°-36° latitud Norte y los meridianos 102°-117.5° longitud Oeste, y abarca los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, zona serrana de Chihuahua, porción norte de Sinaloa; además, incluye una franja de California y Arizona en Los Estados Unidos de América. Las estaciones del SMN se ubican a lo largo de la península de Baja California, Chihuahua y Sonora; utilizan piranómetros marca Kipp & Zonen, modelo CM 11, obteniendo datos continuos de radiación solar promedio en Watts m⁻², con registros cada 10 minutos en las 24 horas del día. El sensor de GOES capta imágenes con valores de radianza (brillo) para la banda visible (0.52-0.72 μ m), con resolución espacial aproximada de 1x1 km y resolución temporal de 15 minutos; Los datos de GOES-10 son recibidos y procesados en la Estación de Percepción Remota del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), utilizando el algoritmo del ¿Global Energy and Water-Cycle Experiment Surface Radiation Budget (GEWEX/SRB)?, generando imágenes instantáneas de radiación solar en Watts m⁻² con una resolución aproximada de 4 km (Garatuza *et al.*, 2001). Los datos de GOES-8 son recibidos en el Departamento de Meteorología de la Universidad de Maryland y procesados con otra implementación del mismo algoritmo, generando imágenes con una resolución de 0.5 grados. Se seleccionaron periodos de 9 horas (15:00-24:00 GMT); y se empleó el software IDRISI para extraer de las imágenes los valores de radiación solar para la ubicación de cada estación. Finalmente, se implementa un modelo de ajuste con ordenada al origen, utilizando la técnica de regresión lineal simple y apoyándose en diagramas de dispersión y series de tiempo mensuales. Los resultados obtenidos indican buena correlación en el caso de ambos satélites, con pendientes en la recta de ajuste cercanas al 1 (esto es: $y = x$) en zonas de baja altitud, observándose valores de R² cercanos a 0.80 en promedio; en cambio, en el caso de la estimación de alta resolución con GOES-10, a medida que aumenta la altitud, existe una tendencia a la subestimación (entre 10 y 20%) que aumenta con la altura del sitio y con valores de R² de alrededor de 0.70, e inclusive inferiores en zonas que sobrepasan los 2000 msnm.

CAC-23

LA TEMPERATURA DEL SUELO Y EL BALANCE ENERGÉTICO DE LA SUPERFICIE EN EL EXPERIMENTO MATADOR

Ricardo Mendoza¹, Carlos Lizárraga¹, Christopher Watts², Oscar Hartogensis³ y Nilton Renno⁴

¹ Universidad de Sonora

E-mail: carlos@fisica.uson.mx

² IMADES

³ Universidad de Wageningen

⁴ Universidad de Arizona

En Junio de 2002, el experimento internacional denominado MATADOR se llevó a cabo para estudiar las características de los remolinos de polvo. Estos remolinos son muy frecuentes en regiones desérticas donde la temperatura del suelo alcanza los 70°C y/o las condiciones atmosféricas son muy inestables. La campaña experimental se realizó en la localidad de Eloy, Arizona en un área agrícola no cultivada durante un período de 3 semanas. El equipo científico se diseñó para medir la estructura termodinámica de los remolinos, además de su campo eléctrico. Adicionalmente con estas mediciones se pretende evaluar la importancia de los remolinos en el transporte de calor en atmósferas muy inestables. El experimento financiado por la NASA forma parte de los preparativos de una misión a Marte en el año 2007, dado que los remolinos en Marte son inmensos y transportan mucho polvo. La instalación consistió en tres torres meteorológicas que conformaron un triángulo equilátero de 20 m cada lado y se instalaron 4 sistemas para medición de flujos: uno en cada torre a 3 m y otro en una torre a 9m. La frecuencia de muestreo de estos sistemas fue de 20 Hz y la información se almacenó en datos crudos. Además, se instalaron 1 radiómetro neto CNRI, 2 termómetros infrarrojos para medir la temperatura de suelo, 4 termómetros y 4 placas para medir flujos de calor a diferentes profundidades del suelo. La frecuencia de muestreo para estos últimos sensores fue de 1 Hz y se almacenaron en datos promedios de cada minuto.

El suelo fue muy seco y no llovió durante el experimento. Los valores típicos para los máximos diarios de radiación neta (R_n), flujo de calor en el suelo (G) y temperatura de superficie (T_s) fueron de 500 W m⁻², 170 W m⁻² y 65°C respectivamente, por lo que G representa la tercera parte de R_n . Por otra parte, los valores de T_s y G muestran variaciones periódicas con cambios frecuentes típicos de hasta 4°C y 50 W m⁻² respectivamente, aún en días perfectamente despejados. Ocasionalmente, se observaron variaciones mayores con valores de 10°C y 100 W m⁻² asociados con remolinos u otras estructuras turbulentas. Estas observaciones enfatizan la importancia del suelo en el balance energético de la superficie y motiva al desarrollo de modelos para la simulación del movimiento de calor en suelo relativamente homogéneo. Se presentará un resumen de los resultados del experimento así como un análisis detallado de la modelación de la temperatura de la superficie y del flujo de calor en el suelo.

CAC-24

LA RED DE PLUVIÓGRAFOS PARA EL EXPERIMENTO DEL MONZÓN DE AMÉRICA DEL NORTE

Christopher Watts¹, Juan Carlos Leal¹, Jaime Garatuza², David Gochis³ y Jim Shuttleworth³

¹ IMADES

E-mail: watts@cideson.mx

² ITSON

³ Universidad de Arizona

Se describen algunos aspectos técnicos de la implementación de una red inicial de 50 pluviógrafos digitales de balancín (que registran cada 0.25 mm de lluvia) y otra de 300 pluviómetros manuales en los estados de Sonora, Chihuahua y Sinaloa como parte de las actividades del Experimento del Monzón de América del Norte (NAME, por sus siglas en inglés). Estas redes fueron diseñadas para fortalecer la red existente de la Comisión Nacional del Agua (CNA) durante los años 2002 al 2004 correspondiente a la duración del programa NAME, con la cual se logra una mejor cobertura espacial y temporal de las lluvias sobre la región serrana del noroeste de México, útil para describir mejor la naturaleza estocástica e intermitentes de las lluvias. La red de pluviógrafos digitales se diseñó para evaluar la dependencia topográfica de las lluvias a través de tres vías carreteras principales que describen transectos perpendiculares a la sierra. Esta distribución también permitió instalar 12 colectores de agua de lluvia en distintos puntos estratégicos de la sierra para el análisis de isótopos (O^{18} y deuterio), con el cual se puede determinar el origen de la humedad. La instalación de los pluviógrafos, pluviómetros y colectores de agua de lluvia se llevó a cabo durante el mes de Julio de 2002, siendo notable la ausencia de las lluvias en gran parte de las localidades a mediados de dicho mes. El ciclo diurno de las lluvias sobre la región noroeste de México se describe con detalle, además de algunos aspectos básicos de las lluvias como su intensidad, duración y frecuencia. Esta información en conjunto con la generada por la CNA, podrá consultarse por el público en general vía internet.

CAC-25

ESTIMATION OF RAINFALL OF THE MEXICO CITY VALLEY COMBINING METEOROLOGICAL RADAR AND GAUGE DATA

Martín Díaz Viera¹, Graciela S. Herrera² and Arturo Valdés³

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: mdiaz@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

³ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Precipitation is one of the main components of the hydrologic cycle and information about it is indispensable for flood prediction. For this reason, it is important to count with good rainfall estimates. Because of its large variability in space and time, precipitation is difficult to estimate. Rain gauges

provide accurate point measurements for rainfall but a dense network is needed to estimate accurately its spatial distribution. An alternative device to measure rainfall indirectly is meteorological radar, which can measure precipitation continuously in space and time in a big area around it. Unfortunately, radar data contain large errors due to equipment limitations and meteorological variability. The data from these two devices can complement each other to obtain better rainfall estimates. In this work a modification of the method for cokriging radar-rainfall and raingauge data proposed by Krajewski (1987) is tested using radar and gauge data of the Mexico City Valley and the results of the analysis are discussed. It is interesting to test the method with these data because most of Mexico City rainfall is produced by convective storms, characterized by high spatial and temporal variability.

The method used in this work consists of the following steps: 1. Geoestatistical analysis of the raingauge data. If significant trend exists fit a model to the data by least squares and remove the trend. 2. Geoestatistical analysis of the radar data. If significant trend exists fit a model to the data by least squares and remove the trend. 3. Estimate the rain gage data variogram fitting a model to the sample variogram. 4. Using the model for the rain gages variogram estimate the rain on the radar pixels through block kriging. 5. Estimate the rain radar data variogram, and the cross variogram between gage and radar data. 6. Fit models to each of the variograms of the previous point. 7. Cokrige the radar data and the rain estimated for the radar pixels.

References:

Krajewski, W.F., Cokriging radar-rainfall and raingauge data, J. Geo. Res., 92, (D8), 9571-9580, 1987.

CAC-26

MEDICIÓN DE VELOCIDADES TERMINALES DE GOTAS DE LLUVIA

F. García-García y G. Montero-Martínez
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
E-mail: ffgg@ccaunam.atmosfci.unam.mx

Se obtuvieron mediciones de velocidades terminales de gotas de lluvia de origen convectivo en un sitio del Valle de México utilizando una plataforma fija de muestreo para estudios de microfísica de nubes en superficie. La plataforma de muestreo consiste de dos espectrómetros de gotas de arreglo óptico colocados en posición vertical (rangos nominales: 20 a 640 y 200 a 6400 micrómetros de diámetro, respectivamente) y de una estación meteorológica estándar. El principio de operación de los espectrómetros consiste en proyectar en un arreglo de fotodiodos la sombra producida por cada partícula que atraviesa por el volumen de muestreo definido por un haz de láser. Si se conoce la frecuencia de muestreo, es posible determinar el diámetro y el tiempo de tránsito de cada gota mediante la reconstrucción de las imágenes obtenidas. Así, la técnica de reconstrucción utilizada resulta adecuada para medir velocidades terminales de gotas de

lluvia. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de dicha técnica y se comparan con valores teóricos y de laboratorio obtenidos con otras metodologías.

CARTELES

CAC-27 CARTEL

EVALUACIÓN DE ÍNDICES DE SEQUÍAS EN EL ESTADO DE SONORA

Juan Carlos Leal, Julio Rodríguez y Christopher Watts
IMADES
E-mail: jcleal@cideson.mx

A partir de datos históricos de la precipitación mensual en el estado Sonora, se evaluaron los criterios establecidos por el Fondo Nacional de Desastres Naturales (FONDEN), versión original y vigente, que satisfacen la condición de sequía prolongada y atípica, en conjunto con el Índice de Severidad de la sequía meteorológica (IS) propuesto por el Instituto Nacional de Ecología y el Índice de la Precipitación Estandarizada (SPI, por sus siglas en inglés). La información de la estación meteorológica de Motozintla, Chiapas fue usada como caso de estudio para describir ciertas características de los índices de sequías entre distintos régimen de lluvias, uno árido y otro húmedo. Los resultados demuestran que existe poco éxito en el establecimiento de criterios objetivos para el estudio del fenómeno de la sequía. El error más común, radica en asumir que las lluvias presentan una distribución normal. Aunado a lo anterior, los criterios del FONDEN son subjetivos e indiferentes al régimen de lluvia y el IS es inconsistente, mientras el SPI es dependiente del periodo de la base de datos. No obstante a lo anterior, se logró caracterizar los eventos secos en el estado de Sonora basados en el SPI, estos reflejan las condiciones atmosféricas de estas latitudes, una alta variación en su frecuencia e intensidad; lo cual implica un alto grado de vulnerabilidad para la vida. La caracterización de áreas vulnerables en el estado de Sonora también es examinada. Para ello, fue necesario interpolar los datos puntuales de la red poca densa de estaciones climatológicas para producir mapas de índices de sequías. Se evaluaron diferentes métodos de interpolación (superficies de tendencias, geoestadísticas, etc.) así como la incorporación de la información topográfica.

CAC-28 CARTEL

UNA MODELACIÓN DE ÁREAS DE SURGENCIAS EN EL GOLFO DE MÉXICO

Elba E. Villanueva, Victor M. Mendoza y J. Adem
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
E-mail: eevu@ccaunam.atmosfcu.unam.mx

Se predice la penetración (entrainment) de agua fría en la base de la capa de mezcla usando un modelo termodinámico que acopla los cambios de la profundidad de la capa de mezcla con la energía térmica del agua usando la teoría de Kraus y Turner.

En el Golfo de México las observaciones para invierno de la concentración de fitoplancton muestran una penetración de agua fría en zonas de amplia plataforma continental como son la Plataforma de Texas-Luisiana y la Plataforma de Campeche-Yucatán.

En la Plataforma de Campeche-Yucatán, la surgencia inducida por el transporte de Ekman hacia afuera de la costa (Costal upwelling) refuerza la penetración, sin embargo en la plataforma norte del golfo (Texas-Luisiana) el transporte de Ekman hacia la costa no produce surgencias costeras de manera que la penetración parece ser debida principalmente al movimiento de la termoclina.

Estas áreas de penetración de agua fría han sido modeladas en invierno con cierta habilidad.

CAC-29 CARTEL

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN ZONAS MARINAS Y COSTERAS DE MÉXICO

Rosa María Cerón Bretón, Armando Báez Pedrajo, Hugo Padilla Gordon y Raúl Belmont
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
E-mail: rosyeb@hotmail.com

El presente trabajo consistió en estudiar la composición química del agua de lluvia en los meses de verano durante tres años consecutivos (1999-2001), y comprendió 5 campañas de muestreo en 4 sitios costeros (Acapulco, Gro; Cancún, QRoo; Tapachula, Chis y Puerto Morelos, QRoo), y una zona marina de México (Océano Pacífico). A excepción de los niveles de nitrato obtenidos en Puerto Morelos, la composición química del agua de lluvia fue similar a la reportada por varias investigaciones en sitios marinos y costeros. Sodio, cloruro y magnesio fueron los iones más abundantes y tuvieron un origen netamente marino; mientras que los niveles de potasio fueron muy bajos. La concentración de calcio presentó un exceso que tuvo su origen en las partículas continentales del suelo, y los niveles de calcio obtenidos en el Océano Pacífico y en Puerto Morelos fueron muy bajos, probablemente debido a que la aportación del suelo a la mineralización de la lluvia en sitios marinos no es significativa; y a que en Puerto Morelos, se

tuvieron eventos de precipitación intensa que previnieron la aportación de la corteza. En todos los sitios de muestreo, la concentración de exceso de sulfato estuvo de acuerdo con los niveles de fondo reportados para sitios marinos remotos (10 $\mu\text{Eq/l}$), indicando que no se tuvieron fuentes antropogénicas que aportaran cantidades apreciables de este ión.

Por otro lado, los niveles de amonio fueron muy bajos, a excepción de los niveles encontrados en Tapachula, donde probablemente se tuvo influencia continental, dado que el uso del suelo tierra adentro es agrícola. Esto se comprobó con las trayectorias de las masas de aire a nivel de superficie y altura, que mostraron que durante el verano, a pesar de que el sitio presenta la entrada de aire marítimo, bajo la influencia de los vientos alisios, dada su compleja ubicación, puede estar sujeto a la influencia de fuentes continentales.

En lo que se refiere al ión nitrato, a excepción de Puerto Morelos en el año 2000, en todos los sitios se obtuvieron niveles muy bajos, y estuvieron de acuerdo con los niveles de fondo reportados por varios autores para sitios marinos y costeros remotos (2.8 $\mu\text{Eq/l}$). A partir de un análisis de trayectorias, se demostró que este sitio estuvo todo el tiempo bajo la influencia de aire marítimo, y que no se tuvo contribución antropogénica de las plataformas petroleras ubicadas al oeste de la Península de Yucatán; esto se comprobó con la falta de correlación entre los iones sulfato y nitrato, sugiriendo que no tienen su origen en una fuente común. Sin embargo, a partir de un análisis de vientos superficiales se comprobó que los altos niveles de nitrato obtenidos en Puerto Morelos tuvieron su origen en una fuente local continental: los incendios de biomasa que ocurrieron al final de la sequía de medio verano, al inicio de la campaña de muestreo del año 2000. Por otro lado, durante la campaña de muestreo del año 2001 realizada en este mismo sitio en plena estación lluviosa, al no tenerse la influencia de incendios forestales, los niveles de nitrato obtenidos estuvieron de acuerdo con los valores de fondo reportados para sitios marinos y costeros remotos.

Los valores de pH obtenidos en el agua de lluvia fueron mayores a 5 (a excepción de Puerto Morelos en el año 2000), demostrando que los sitios tuvieron una capacidad buffer suficiente y que no son afectados por actividades antropogénicas durante los meses de verano. Por lo tanto, a excepción de Puerto Morelos en el año 2000, donde se tuvo la influencia de eventos extraordinarios como los incendios forestales, la composición química del agua de lluvia durante el verano, en los sitios estudiados, únicamente fue afectada por la contribución del aerosol marino y de la corteza, y por la dilución; y puede considerarse como representativa de zonas marinas y costeras con influencia antropogénica mínima.

CAC-30 CARTEL

**IMPACTO DE EMISIONES VOLCÁNICAS, SOBRE LA
CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE PUEBLA**

Yahilyire Flores, Carlos Gay y Apolonio Juárez
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UAP
E-mail: yflores90@hotmail.com
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

En el presente trabajo discutimos los efectos de la actividad volcánica del volcán Popocatepetl durante los meses de diciembre de 2000 y enero de 2001, sobre contaminantes atmosféricos de criterio en la ciudad de Puebla. Los datos analizados provienen de la Red Estatal de Monitoreo Atmosférico (REMA), que consta de cuatro estaciones distribuidas en la ciudad de Puebla [1]. Durante algunos días de la contingencia volcánica, en el periodo analizado, los flujos emanados del volcán se dirigieron al noreste, donde se encuentra la ciudad de Puebla, incrementando significativamente las concentraciones de contaminantes como PM10, y SO2, en las estaciones Agua Santa y Tecnológico instaladas al sur y norte de la ciudad respectivamente. Aplicamos el modelo de Gauss de difusión atmosférica [2], para calcular los flujos de SO2 provenientes del Popocatepetl y los comparamos con las mediciones para ese contaminante en la estación Tecnológico de la REMA. De acuerdo con nuestro análisis, es posible hablar de un incremento generalizado en la concentración de contaminantes de criterio durante la contingencia volcánica, afectando de manera local a la ciudad de Puebla.

Referencias:

<http://www.sedurbecop.gob.mx>

Noel de Nevers, 1997, Ingeniería de Control de Contaminación Ambiental, Ed. Mc Graw Hill, p. 548.

Sesión

Educación en Geociencias

Martes 5

SALA F

EDUG-01

PERSPECTIVA DE LOS MATERIALES DIDÁCTICOS DIGITALES

Sergio Yussim Guarneros y Hortencia Citlali Flores Estrella
División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Facultad de
Ingeniería, UNAM
E-mail: yussim@servidor.unam.mx

La revolución de las tecnología iniciada en los pasados años cincuentas e intensificada en la última década mediante el progreso de la tecnología multimedia y de las redes de datos, han modificado de manera trascendente las metodologías de enseñanza-aprendizaje, lo que ha provocado la necesidad de grandes cambios educativos.

Las funciones principales de los recursos didácticos en el proceso enseñanza-aprendizaje son la economía de tiempo, el facilitar la ilustración y comprensión de los temas tratados, el proporcionar medios de observación y experimentación, y finalmente, acercar al alumno en cuanto sea posible a la realidad. De esta manera, al analizar las nuevas tecnologías y medios de comunicación en su condición de medios didácticos, a estos se les conceptualiza como soportes en los que se presentan los contenidos temáticos y que son capaces de suscitar algún tipo de transformación de carácter positivo en la posibilidad de optimizar los procesos enseñanza-aprendizaje. Básicamente estos medios son vehículos de conocimiento y cultura que se adaptan al medio en que se desarrollan dichos procesos.

Aunque estas herramientas tecnológicas no fueron diseñadas con fines pedagógicos, los centros de educación deben adaptarlos a las exigencias y peculiaridades de los procesos educativos que se desarrollan en su interior. Estos nuevos medios y recursos tecnológicos pueden ser vistos en su carácter de instrumentos ya que facilitan la transmisión y recepción de información, fomentando la interactividad y la participación de ambos lados del proceso.

Cada material didáctico cumple funciones bien determinadas de información, análisis, orientación, reflexión, síntesis, ejercitación y evaluación de conocimientos. Su propósito es apoyar el estudio independiente, ya sea como un medio complementario o suplementario. Puede fungir como un recurso para la asesoría o como suplemento de la misma. Los principales problemas que surgen de la aplicación y, o utilización de los materiales digitales son su distribución oportuna, el uso adecuado por parte del estudiante dentro del proceso de estudio, suficiencia de información, claridad de la presentación, organización lógica del material, y su autoevaluación.

Estos materiales presentan algunas desventajas. Toda nueva tecnología implica una idea en contra, además del conflicto inherente del poder por su control. Los cambios tecnológicos pueden penetrar y modificar las estructuras sociales trayendo cambios impredecibles e irreversibles, como

puede ser la mitificación de las nuevas tecnologías. Es necesario su evaluación periódica con el propósito de mejorarlos, corroborando si cumplen los objetivos establecidos para la función que fueron diseñados.

Cabe aclarar que los materiales en sí mismos no generan ni garantizan el aprendizaje, debido a que este se encuentra determinado por la estructura cognitiva de cada individuo.

EDUG-02

LA ENSEÑANZA DE LAS GEOCIENCIAS EN EL MUSEO DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA

Beatriz Rodríguez Díaz
Museo de Geología
E-mail: ollin9@yahoo.com

Tomando en cuenta que la geología es una de tantas ciencias fundamentales para nuestro país, y más, considerando que México es un país rico por tener una gran variedad de recursos naturales, es de gran importancia difundir y dar a conocer el papel que juega esta ciencia para el estudio del origen y explotación de los recursos naturales, así como para el cuidado del Planeta. También deben considerarse otros campos, por ejemplo: arte, la pintura; etc. Por tales razones en el presente trabajo se muestran resultados de la labor de difusión y planificación de actividades educativas que se han llevado a cabo en El Museo del Instituto de Geología.

La finalidad de planear actividades fue bajo la premisa de que la cultura, en la actualidad, se ha vuelto un privilegio del cual goza poca gente, es decir, que cada vez es más elitista; así, el objetivo planteado para diseñar y planear las actividades a llevarse a cabo, fue pensado en llegar a todo el público posible, sobre todo a aquel que le es ajena la cultura (por limitaciones económicas y/o el nivel académico), con el propósito de unir la ciencia e investigación con las necesidades "reales" de una sociedad.

Otra de las preocupaciones fue replantear la necesidad de utilizar un lenguaje de acuerdo al nivel educativo de los asistentes al museo; esto es, pensar que el uso de un determinado discurso influye en:

- El acercamiento de la gente a áreas del conocimiento que de tradición se piensan son "difíciles".
- Acercar la geología, paleontología, etc. a sectores de la población que se encuentran relegados por el hecho de no poseer ciertos "conocimientos específicos", hecho que los hace alejarse de ciencias tan importantes como las mencionadas.
- Propiciar un acercamiento de la ciencia a los niños y al sector educativo para que no consideren que la ciencia es aburrida y aun más dar a conocer que existen carreras como la Geología, Geofísica, Hidrología; etc.

EL ARTE Y LA DIVULGACIÓN DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Murillo-Banda E.A., Silva-Romo G. y Mendoza-Rosales C.
Facultad de Ingeniería, UNAM
E-mail: erikmb@prodigy.net.mx

La contemplación de la arquitectura del paisaje es una fuente permanente de inspiración para la creación artística, que se manifiesta en obras pictóricas que plasman las geoformas edificadas por las fuerzas endógenas del planeta Tierra, tal como es el caso de los cuadros con motivos volcánicos del Dr. Atl, o que presentan la lenta transformación del entorno geográfico por la acción de los agentes de modelado del relieve, como lo registró a principios del siglo XX Velasco en su pintura paisajista. Sin embargo, estas manifestaciones artísticas y otras como las fotografías y las esculturas; no son aprovechadas por los docentes e investigadores en su labor de divulgación de las geociencias.

Como un ejemplo del potencial que las obras de arte tienen en la divulgación de la Ciencia, elaboramos una guía geológica para visitar el Espacio Escultórico cito en la Zona Cultural del Campus Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Dicha escultura integrada al paisaje volcánico del pedregal de San Ángel circunscribe un área circular de 100 metros de diámetro desprovista de vegetación y en la cual se aprecian distintos tipos de derrames basálticos desde los acordelados hasta los de bloques; también se pueden observar diversas estructuras propias de los derrames, tales como túmulos y chimeneas de explosión. Los rasgos expuestos permiten apreciar la dirección de flujo de cada uno de los derrames aflorantes.

La guía está destinada como un recurso de divulgación de las Ciencias de la Tierra y está dirigida al público en general, contiene información relativa a los aspectos geológicos del lugar, explica como se formaron las rocas, el impacto que tuvo en la comunidad cercana al volcán; las relaciones de la geología con la arqueología. La guía contiene un plano que señala los rasgos más notables que se reconocen en el afloramiento rocoso e incluye fotografías y esquemas que ilustran en forma sencilla los conceptos geológicos involucrados.

EDUCACIÓN EN AGUA SUBTERRÁNEA: ESTABLECIENDO EL VÍNCULO ENTRE CIENCIA Y SOCIEDAD

M. Adrián Ortega Guerrero¹, Josefina Vallejo Barba², Sergio Arturo González³, Ángel González⁴ y Eduardo Muñoz de la Tejera⁵

¹ Centro de Geociencias, Campus Juriquilla, UNAM
E-mail: maog@servidor.unam.mx

² Lic. en Pedagogía, Profesionalista Independiente, San José Iturbide

³ Maestro del Conservatorio de Música, Profesionalista independiente, San José Iturbide, Gto.

⁴ Director del Grupo Musical "Campesinos de la Sierra", Xichú

⁵ Expositor y maestro de dibujo y pintura, Mineral de Pozos, Gto.

El agua subterránea es el recurso más valioso con que cuenta México para abastecimiento de agua potable a casi 75 millones de habitantes y para más del 30% de la superficie regable del país. A pesar de que esta dependencia es vital para el futuro económico, social y de bienestar para los Mexicanos, existe un retraso sustancial de casi 50 años en las políticas de manejo y protección de los recursos subterráneos. Esta situación se agrava por el desconocimiento que existe hacia el recurso subterráneo por parte de la población y muchos de los profesionales, autoridades y legisladores que tienen que ver con la planeación del manejo de los recursos hídricos del país. El enfoque principal que se le ha dado al agua subterránea, por más de medio siglo, ha sido el desarrollo y uso del recurso; y como consecuencia se han incrementado los problemas asociados a una extracción muy alta, que se traducen en diferentes problemas ambientales tales como: hundimientos y agrietamiento del terreno, depresión regional de los niveles de agua en los acuíferos con el consecuente secado de manantiales y pozos someros, incremento en los costos de energía, intrusión salina, entre otros problemas y modificación natural de su calidad química por el vertido de diversos contaminantes en superficie. Ante esta situación, existe una clara necesidad para cambiar las políticas de manejo de acuíferos en el país, donde se requiere un nuevo enfoque, orientado a un manejo responsable y uso sustentable de los recursos de agua subterránea. La sociedad tiene que ser consciente de esta situación, y de hecho los cambios necesarios para reorientar las decisiones están en manos de la sociedad a través de una nueva forma de pensar. Es importante contar con una sociedad que pueda establecer prioridades, participar en forma responsable en las acciones de solución y cuestionar con conocimiento a los que ejercen la autoridad. Como resultado de una investigación de tres años en el Acuífero de la Independencia, estado de Guanajuato, se desarrolló un programa educativo en aguas subterráneas para divulgar los conocimientos obtenidos y generar una sociedad mas participativa en la solución de los problemas identificados. El material que se elaboró consistió de un diplomado para todo público con una duración de más de 100 horas y elaboración de material didáctico, a través de poesía, canciones, música, pintura y dibujo. Para ello, participaron profesionales y artistas de reconocido prestigio en

la región, en las áreas respectivas. De esta manera, el conocimiento de las costumbres e idiosincrasia de los habitantes de la región fueron importantes en la coordinación con investigadores y grupo de pedagogía, para generar el material que pudiese tener mayor impacto en la sociedad. Los resultados obtenidos y la evaluación de las acciones se presentan en este trabajo.

EDUG-05

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL EN LA UAEH

Antelmo Vargas Blancas, Luis Enrique Ortiz Hernández, Otilio Arturo Acevedo Sandoval, Kinardo Flores Castro y Misael Cruz Sánchez

Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
E-mail: avargas@uaeh.reduaeh.mx

La Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), consciente de las afectaciones producidas al medio ambiente por causas naturales o antropogénicas, y en respuesta a un compromiso con la sociedad hidalguense y nacional, ha implementado a partir del segundo semestre de 2002, la licenciatura en Ingeniería en Geología Ambiental, dependiente del Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra.

Esta licenciatura es pionera en América Latina y su programa de estudio incluye diez semestres (nueve de estudio y uno de servicio social).

El mapa curricular consta de 65 asignaturas obligatorias y 4 optativas (dos cursadas en el octavo y dos en el noveno semestre), que representan un total de 458 créditos, distribuidas en siete áreas específicas, a saber: (1) básica de ingeniería con once asignaturas y 87 créditos, (2) geología con 15 asignaturas y 87 créditos, (3) geología ambiental con 8 asignaturas y 47 créditos, (4) avanzada de ingeniería geológica con 6 asignaturas y 35 créditos, (5) apoyo con 8 asignaturas y 44 créditos, (6) ciencias sociales y humanidades con 8 asignaturas y 40 créditos y (7) complementaria con 8 asignaturas y 48 créditos.

Al término del noveno semestre, el servicio social contempla, bajo la supervisión de un maestro tutor, la inserción del alumno en un proyecto específico, sea en una dependencia gubernamental o en una empresa privada, lo que le permitirá adquirir experiencia profesional, al contabilizar 720 horas, en una labor de 40 horas/semana durante 18 semanas.

Las formas de titulación incluyen: automática con promedio mínimo de nueve o por realización de estudios de especialidad, o mediante examen recepcional vía la elaboración de un trabajo de investigación o tesis.

Actualmente se cuenta con una matrícula de 40 alumnos de primer ingreso, lo que demuestra el interés de la juventud hidalguense en contribuir en la solución de problemas inherentes al medio ambiente.

EDUG-06

ENSEÑANZA DE LOS MINERALES PARA EL PERFIL MINERO-METALÚRGICO

Arturo Rojas Purón
Depto. de Geología, Facultad de Geología y Minería del ISMM,
Moa, Holguín, Cuba
E-mail: artrojaspuron@ismm.edu.cu

Se implementa un sistema didáctico para la enseñanza de los minerales en el perfil del geólogo y minero metalúrgico, teniendo en cuenta el carácter teórico-práctico de la actividad de identificación y caracterización de los materiales geológicos (minerales y rocas). Se concibe como un sistema, según distintos componentes, dada las esferas de acción que necesita el estudiante para adquirir y desarrollar sus habilidades en el estudio de los minerales, entre la que se destacan: trabajo de campo, determinaciones en el laboratorio, empleo de medios computacionales y tratamiento de la información científica con el uso del idioma inglés, así como interpretación de los resultados obtenidos con técnicas analíticas de investigación mineralógica.

Se define el muestreo y descripción de la muestra mineral como una etapa inicial que equipa al estudiante en el ambiente natural donde desarrolla su actividad profesional principal con una formación ecológica y ambientalista propia. Para la identificación de minerales resulta necesario contar con una colección mínima de minerales, utensilios para las determinaciones macroscópicas, software que permiten accionar de forma automatizada (Cristal, Mineral, Regintel) no sólo para identificar sino también en la obtención de registros de minerales para su caracterización. Contar con un museo de Mineralogía ha sido un privilegio en la enseñanza de los minerales tanto para la docencia como el logro de elevar la cultura geológica de la comunidad minera de Moa y el resto del país, constituyendo una de las principales herramientas didácticas usadas.

EDUG-07

FORMALIZACIÓN DE UN LÉXICO GEOLÓGICO MEXICANO

Alaniz-Alvarez S.A.¹, Nieto-Samaniego A.F.¹ y Tolson G.²

¹ Centro de Geociencias, Campus Juriquilla, UNAM, Querétaro, Qro.

E-mail: alaniz@geociencias.unam.mx

² Instituto de Geología, UNAM

El lenguaje es una de las herramientas fundamentales de la comunicación humana. Si se reconoce que el uso del idioma está en continua evolución, es evidente que el lenguaje científico es aún mucho más cambiante. Esto se debe no

solamente a los continuos descubrimientos que se generan por la ciencia y que se añaden a la lengua como neologismos, sino también a que algunos términos han cambiado su significado original y que orígenes nuevos son descubiertos para muchos objetos geológicos. Creemos que es importante establecer un léxico geológico técnico en español ya que día con día el inglés está ocupando un espacio más importante en nuestro lenguaje científico y con esto se dificulta la difusión y la enseñanza de nuestra disciplina.

Con motivo del centenario de la Sociedad Geológica Mexicana hemos propuesto abrir la discusión para formalizar un Léxico Geológico Mexicano. Con este propósito hemos invitado a prestigiosos geocientíficos mexicanos para poder ofrecer una propuesta en Español sobre algunos de los términos geológicos comúnmente utilizados en México pero que, de alguna manera, generan confusión.

Para que el proyecto sea viable y de corto plazo, los 22 participantes nos hemos constituido en comités por disciplina. Cada comité está integrado con cuatro o cinco miembros, entre los que se incluyen al menos un profesor o investigador, un editor de una revista mexicana de Geociencias, un jefe o coordinador de carrera o posgrado y un traductor o lingüista. Procuramos que estén representados varios sectores de profesionistas incluyendo principalmente a las universidades e institutos de investigación. Creemos que es necesaria la integración de un lingüista para asegurarnos que la traducción esté en correcto español. Los comités hasta ahora constituidos son (1) Geología Estructural y Tectónica, (2) Sedimentología y Estratigrafía, (3) Geoquímica, (4) Yacimientos Minerales, y (5) Petrología y Vulcanología.

Los términos que integran el LGM se establecen por consenso entre los miembros de cada comité y serán seleccionados entre los extranjerismos (principalmente anglicismos) que llenen los siguientes requisitos: (1) neologismos, (2) términos que hayan cambiado su significado original, (3) términos que tengan varios sinónimos, (4) términos que tengan varias acepciones, (5) barbarismos, (6) términos anticuados, (7) términos incorrectos, (8) extranjerismos pero de uso internacional.

Los criterios para decidir el término en español que se prefiere son:

1. Se utilizará preferentemente la palabra cuyas raíces etimológicas coincidan con el significado, que siga las normas ortográficas y se tomará en cuenta el aspecto fonético.
2. Es necesario que la comunidad geológica nacional conozca el término, de tal manera que de varias posibles traducciones se podrá elegir la más conocida.
3. Si existen dos términos que aparezcan en el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española se privilegiará aquel cuya raíz se acerque al significado del término o concepto

4. Se utilizará el extranjerismo cuyo nombre original se halla utilizado en al menos tres idiomas.
5. Si existe en español un término con el mismo significado, es innecesario crear otro o calcarlo de otra lengua.
6. Se utilizará el menor número de palabras posible.

El Léxico Geológico Mexicano se difundirá como publicación formal y a través de internet con el propósito principal de que sirva de guía en las revistas geocientíficas mexicanas (Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Boletín de la Asociación de Geólogos Petroleros, GEOS, Geofísica Internacional, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, etc.).

EDUG-08

LAS DIFERENTES TERMINOLOGÍAS DE LOS TENSORES DE ESFUERZOS Y DE DEFORMACIÓN EN GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y SISMOLOGÍA: UN PROBLEMA DE ENSEÑANZA

Nieto Obregón Jorge

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

E-mail: nieto@servidor.unam.mx

El uso de diagramas para mostrar el estado de esfuerzos y de deformación, a partir de mecanismos de plano focal (focal plane solutions), ha generado la creación de una terminología que resulta confusa o al menos difícil de asimilar por alumnos de las licenciaturas de ciencias de la tierra. Esto genera una difícil comunicación entre ellos y sus profesores, y por otro lado plantea un problema en la enseñanza de estos temas para los docentes que buscan explicar la interrelación entre la información sísmica y el armazón tectónico de una región.

Se plantean los siguientes objetivos: describir y presentar las distintas terminologías utilizadas por los diferentes especialistas, mostrar las causas de las confusiones y explicar los significados de cada diagrama.

Se discuten las bases teóricas para la obtención de estos diagramas, y se comparan con los diagramas de esfuerzos a partir de datos estructurales de superficie. Por medio de figuras tridimensionales y recursos informáticos se explican los siguientes conceptos: 1) comportamiento de las trayectorias de ondas P y S, a nivel global y local; 2) registro de los arribos de estas ondas a las estaciones sismológicas en función de su distribución geográfica y localización con respecto a los planos nodales; 3) selección del plano nodal que corresponde al plano de falla donde ocurrió el deslizamiento responsable de la energía liberada; 4) representación en la red estereográfica de datos estructurales, y deducción del tensor de esfuerzos; 5) diferencias y similitudes entre los conceptos de pitch y slip, y las diferentes convenciones para su representación geométrica por geólogos y geofísicos.

Se discuten así mismo las similitudes entre los ejes principales de deformación "P", "N" y "T", con los ejes principales de esfuerzos Sigma 1, Sigma 2, y Sigma 3, y las direcciones de deslizamiento sobre los planos nodales.

Se enfatiza la similitud entre los conceptos de **planos nodales** y **planos de falla conjugados**. Se analizan ejemplos de mecanismos focales obtenidos de la NEIC, Earthquake Hazards Program – Northern California y del SSM (Servicio Sismológico Mexicano), y se comparan con patrones tectónicos regionales. Se discuten diversos reportes de áreas que incluyen Afganistán, Irán, Costa de Guerrero, Oaxaca y Golfo de California.

La efectividad didáctica de estos conceptos se pone a prueba aplicando ejercicios con datos reales, para la deducción de la orientación de los esfuerzos principales. Los resultados indican una buena comprensión y distinción de estos conceptos por los estudiantes.

EDUG-09

AMPLIACION DE LA COLECCIÓN DE LÁMINAS DELGADAS, DEL LABORATORIO DE MINERALOGÍA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNAM. PARA EL MEJORAMIENTO DEL CURSO DE MINERALOGÍA ÓPTICA

Enrique López-Severiano, Javier Medina-Escutia, Juan de Dios Rojas-Carmona, Alfredo Victoria-Morales y Isaías Jiménez-Eslava
Depto. de Yacimientos Minerales, Facultad de Ingeniería, UNAM
E-mail: lpsvenis@hotmail.com

El Departamento de Yacimientos Minerales de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en un constante afán de mejorar la calidad de la enseñanza de las materias, ha emprendido diversos proyectos dentro de los cuales se contempla la adquisición de equipo nuevo, material bibliográfico y la renovación y mejoramiento del material didáctico con el que se cuenta actualmente.

Uno de los principales objetivos de esta mejora en la calidad del material que utiliza el alumno en sus diversas etapas de aprendizaje, es que comience a familiarizarse y tenga la suficiente capacidad de resolver los diversos problemas a los que se va a enfrentar durante su vida profesional.

Para cumplir con dicho objetivo, el laboratorio de Mineralogía Óptica, ha comenzado con la "adquisición" de nuevo material didáctico, siguiéndose dos etapas de trabajo. La primera consiste en la recolección de ejemplares de mano de distintos tipos de roca, en diversas localidades donde se realizan prácticas de campo, trabajos de convenios de investigación o de vinculación con la industria. Las cuales se analizan petrográficamente con el objeto de ver si cumplen con las características texturales y de paragénesis. En caso de considerarlas apropiadas, se elaboran 10 láminas delgadas, considerando la matrícula estudiantil con la que se cuenta. Cabe señalar que la muestra de mano debe tener un tamaño apropiado para la preparación de las secciones delgadas, y

poder dejar una muestra testigo para reponer con cierta facilidad el material que se dañe por su uso o por el descuido en su manejo.

La segunda etapa consiste en la elaboración de la ficha técnica de cada una de las muestras obtenidas en campo, la cual debe de contener información sobre la localidad en la que se recolectó y su posición geográfica, para una fácil recuperación, en caso de ser necesario otro ejemplar y una descripción petrológica de la muestra.

Hasta este momento se han elaborado muestras monominerales que incluyen cuarcitas, mármoles y anortositas; y muestra de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas de distintas localidades, que contienen una asociación mineralógica muy variada; el proceso de elaboración de la ficha técnica se está realizando en conjunto con los alumnos que cursan la materia.

Se debe señalar que se está proponiendo una nueva etapa, la cual consistiría en el intercambio y donación de material didáctico entre las diferentes instituciones de enseñanzas de Ciencias de la Tierra, así como las diversas empresas donde se realice un trabajo Geológico.

EDUG-10

FLUID GEOCHEMISTRY = VIOLATION OF FUNDAMENTAL LAWS OF CHEMICAL THERMODYNAMICS

Mahendra P. Verma
Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Cuernavaca,
Mor., México
E-mail: mahendra@iie.org.mx

Ultimate goal in geochemistry is to understand the physical-chemical processes responsible for the origin and evolution of systems like water-bodies, volcano, mineral alteration and deposition, hydrothermal system, etc. through chemical composition of fluids and rock-mineral assemblages in them. A geothermal system is here considered as an example; however the concepts are equally valid for any type of system. In geothermal systems, the separated vapor and water are collected from fumaroles, hot springs and drilled wells. The chemical composition of fluids (separated vapor and water), collected at the earth surface (25°C) is determined in the laboratory. Using chemical geothermometers, conservation of mass, energy and alkalinity, the chemical concentrations are converted to the reservoir conditions in order to predict the state of water-rock interaction and reservoir processes like boiling, condensation, mixing with other fluids, mineral dissolution-precipitation, etc.

The most widely used chemical geothermometers are *cation-exchange geothermometers* and *the silica (quartz) solubility geothermometers*. According to the cation-exchange theory, the cation ratio (e.g. Na^+/K^+) in a solution is a function of temperature, the type of minerals and the Na^+/K^+ ratio in

the mineral phases. The Na^+/K^+ ratio of reservoir rocks, which are in equilibrium with the fluid, is not known and is not included in any cation-exchange geothermometer. Similarly, it is also against the basic laws of solution chemistry that the cation ratio is only a function of temperature.

Silica geothermometer is based on the experimental quartz solubility data. A compilation of the data shows an increase in the quartz solubility with temperature and pressure together with some irregularities. There is need to validate thermodynamically such behavior of experimental quartz solubility data before using them as a geothermometer.

Computer programs for geochemical modeling use the experimental or calculated (with thermodynamic data) values of equilibrium constants at a specified temperature and pressure for all the involving chemical reactions in a system. For example, the dissociation of water into H^+ and OH^- is a prime chemical reaction in all aqueous systems. The values of its dissociation constant (K_w) for temperature 0 to 1000°C and pressure 1 to 10,000 bar are established by the Working Group III of the International Association for Properties of Water-Steam (IAPWS). However, it is found that the temperature and pressure behavior of these values is against the basic laws of thermodynamics. Thus the results obtained from these analytical data and the geochemical tools are unreliable. In conclusion the fluid geochemistry is, presently, based on evidences and facts which are violating the fundamental laws of chemical thermodynamics.

All the experimental values of K_w are compiled and scrutinized for their internal consistency. Based on these data, a thermodynamically consistent formulation for K_w for temperature 0 to 380°C and pressure 1 to 250 bar is derived as

$$\log K_w = -10.02620 + \frac{559.9581}{T} - 9.678282 \times 10^{-3} P + \frac{518914.5}{T^2} + \frac{0.1760576 P}{T} + 1.805175 \times 10^{-5} P^2$$

In summary every concept, evidence, observation or datum should be evaluated according to the basic laws of chemical thermodynamics in order to obtain sustainable developments in earth sciences or in any science.

EDUG-11 CARTEL

BREVE RESEÑA ILUSTRADA DE LOS INSTRUMENTOS Y APARATOS USADOS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNAM, DESDE FINALES DEL SIGLO XVIII PARA EL ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

José Luis Jiménez Mendoza

Facultad de Ingeniería, Depto. de Yacimientos Minerales, UNAM

E-mail: jimendoza@mailbanamex.com

La Facultad de Ingeniería de la UNAM, tiene su origen en la necesidad del México de fines del siglo XVIII, de contar con técnicos capaces de explotar y beneficiar los recursos minerales del país. Desde su creación, la Facultad ha estado ligada a la enseñanza de las Ciencias de la Tierra.

A lo largo de su historia, la institución se ha preocupado por adquirir diversos instrumentos y aparatos utilizados en el estudio de minerales y rocas, lo que le ha permitido estar a la vanguardia en la enseñanza de las técnicas de estudio de estos materiales.

En este trabajo se hace una breve reseña ilustrada de las técnicas, instrumentos y aparatos usados en la Facultad de Ingeniería a lo largo de más de dos siglos, para el estudio de materiales pétreos. Tiene la finalidad de despertar el interés de la comunidad geocientífica por recuperar viejos microscopios, goniómetros, balanzas, etc., que servirán para formar una colección y montar una exposición permanente de los mismos; a través de la cual los jóvenes bachilleres conozcan un poco más de las Ciencias de la Tierra y que algunos de ellos se integren a las carreras de esta área del conocimiento.

EDUG-12 CARTEL

ANÁLISIS HISTÓRICO DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA A PARTIR DE SU BOLETÍN

Mónica García-Martínez¹, Jesús Vega-Carrillo², S.A. Alaniz-Alvarez² y A.F. Nieto-Samaniego²

¹ Universidad Autónoma de Zacatecas

E-mail: jvega@geociencias.unam.mx

² Centro de Geociencias, Campus Juriquilla, UNAM, Querétaro, Qro.

El Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana (BSGM) ha sido publicado de manera más o menos continua desde 1904, año de la fundación de la Sociedad Geológica Mexicana (SGM). Este trabajo se basa en la colección completa del Boletín, el cual se ha puesto en formato digital y actualmente se difunde a través de la página web de la SGM: <http://www.geociencias.unam.mx/SGM.html>.

Desde 1904 hasta 2001 se han publicado 86 números en 52 volúmenes. El Boletín contiene 549 artículos, de los cuales 270 tratan sobre Geología Básica y 114 sobre Geología aplicada. El 24% corresponde a notas y artículos de divulgación, de los cuales 14 son obituarios. El tema geológico

que más se ha tratado es el de Yacimientos Minerales, el cual abarca el 15%, le siguen en número Paleontología con 10% y Estratigrafía con 9%, contiene además 9 guías de excursión.

Del total de artículos publicados el 44% está relacionado con la geología de una región de México. Hay una relación directa entre la riqueza geológica de una región y el número de artículos publicado. Por ejemplo, hay 19 artículos sobre Oaxaca, y de los estados de Chihuahua, Baja California, Jalisco, Guerrero y Guanajuato se publicaron, de cada uno, entre 11 y 15 artículos. Sabemos que los estados de Sonora y Chiapas, debido a su complejidad, requieren de estudios geológicos minuciosos y sin embargo, han recibido poca atención de los miembros de la SGM, seguramente por la lejanía del centro del país. El único estado que no aparece mencionado es Tlaxcala. En cuanto a los autores, el 93% corresponde a hombres y 7% a mujeres. Es notable que el 34% de los primeros autores son extranjeros.

Considerando el número de artículos por sexenio, es evidente que los tiempos de estabilidad política se reflejan en la producción editorial de la SGM. La publicación del BSGM fue interrumpida durante la Revolución Mexicana y las siguientes dos décadas. Tampoco hubo producción entre 1938 y 1946, etapa que coincidió con la Segunda Guerra Mundial. Las épocas de mayor número de publicaciones corresponden con los congresos internacionales celebrados en México, en 1904 y 1956. Entre los sexenios de Lázaro Cárdenas y Miguel de la Madrid, la producción fue continua y estable. A partir del sexenio de Carlos Salinas la publicación del Boletín ha sido escasa. Esto se debe principalmente a que la mayoría de los autores pertenecen a la comunidad científica nacional y en la última década se les ha exigido la publicación en revistas indizadas (SCI) y de circulación internacional lo que ha desalentado a esa comunidad a publicar sus trabajos en nuestro Boletín.

EDUG-13 CARTEL

MAPAS GEOLÓGICOS CON RELIEVE SINTÉTICO

Sergio Yussim Guarneros
División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de
Ingeniería, UNAM
E-mail: yussim@servidor.unam.mx

Las Ciencias de la Tierra, al igual que otras ciencias, hacen uso de los mapas como un medio de análisis de la información espacial que en ellos se compila. En particular, la cartografía geológica utiliza la expresión gráfica para mostrar la distribución geográfica de ciertas características geológicas. Pero la confección de un mapa geológicos está en función de su objetivo, lo cual restringe la información que este contiene, no obstante que un elemento esencial en todo mapa es su referencia geográfica. Este trabajo presenta como su objetivo el mostrar una perspectiva diferente de asimilar la información geológica a su medio geográfico.

En la elaboración de este tipo de mapas toda la información debe de estar en un formato digital. La información básica es la referencia topográfica, que bien puede elaborarse a partir de un modelo digital de elevación (DEM), o como en el caso que se muestra de ejemplo, partir de la información vectorial para general el DEM. Tanto la información geológica, como cualquier otra información que se desee expresar deben ser preparadas en un formato digital. El procedimiento que a continuación se explica, puede ser realizado en cualquier computadora personal y con programas de cómputo muy comunes.

Como primer paso se prepararan los materiales en formato digital, como son el modelo vectorial de la topografía del área, a partir del cual se elabora el modelo digital de elevación correspondiente. Se captura la geología en formato digital y genera su archivo correspondiente en formato vectorial (DXF). Este último archivo se transforma en un formato raster (TIFF) en donde se trabaja su diseño gráfico y se forma la imagen exclusivamente geológica. Estas dos imágenes se unen por medio de la multiplicación píxel a píxel de ellas y se obtiene una tercera que representa a la geología sobrepuesta al modelo digital de elevación.

Finalmente el producto presenta varias ventajas sobre los productos tradicionales: En primer lugar su facilidad de elaboración y de reciclaje de la información y los materiales digitales utilizados; para su elaboración no se requiere de elementos muy sofisticados; y provee de un excelente medio para visualizar la relación entre geología y topografía, siendo particularmente útil para mapas estratigráficos;

Como un ejercicio de esta técnica, se presenta la elaboración, paso a paso, del mapa de San Joaquín, Querétaro, además de presentar otro ejercicio ya terminado de este tipo de mapas.

EDUG-14 CARTEL

LA ENSEÑANZA DE LA RED ESTEREOGRÁFICA

Silva-Romo G., Mendoza-Rosales C. y Castro-Flores A.
Facultad de Ingeniería, UNAM
E-mail: claus@servidor.unam.mx

El uso de modelos tridimensionales le permite al estudiante captar con mayor claridad las relaciones espaciales entre los elementos ilustrados, como es el caso del manejo espacial de rectas y planos en la proyección estereográfica o de Wulff. De tal forma mediante modelos tridimensionales, el alumno puede visualizar las relaciones espaciales entre los elementos graficados en el plano del horizonte, como ocurre en la Red de Wulff, con el consecuente beneficio en su aplicación en el cálculo gráfico y en la comunicación de resultados.

Por lo general, los recursos didácticos para la enseñanza de la Red de Wulff, se refieren a esquemas en los cuales se presenta la intersección de un plano inclinado con el hemisferio inferior de una esfera y la proyección estereográfica de algunos

puntos (rectas contenidas en el plano) de la intersección del plano con la esfera y con base en dichas proyecciones (puntos en el plano del horizonte) se define la traza ciclográfica en el plano del horizonte.

Para mejorar la comprensión de la proyección estereográfica, diseñamos una maqueta como recurso didáctico económico y de fácil elaboración, que permite visualizar la proyección estereográfica con la que se genera la Falsilla o Red Estereográfica. El dispositivo materializa simultáneamente la proyección estereográfica de rectas contenidas en un plano de rumbo igual al propio de la falsilla, de tal forma que conforme se incrementa la inclinación del plano, desde una posición horizontal, se observa claramente como los puntos - proyecciones estereográficas de las rectas contenidas en el plano - se desplazan según los círculos menores en el plano del horizonte. Así se visualiza el desplazamiento de las rectas proyectantes y su intersección en el plano del horizonte de la esfera, desde la posición horizontal hasta que el plano adopta una posición vertical. Durante el abatimiento del plano que contiene las rectas, su borde genera un cuarto de la esfera implícita en la proyección estereográfica, elemento adicional que contribuye a la mejor comprensión de las características de la Proyección Estereográfica de Wulff. Además, con esta maqueta se puede demostrar el cambio en la dirección de inclinación para las rectas inscritas en un plano cuando este rota conforme a una recta paralela a su rumbo, dirección que no cambia en el caso de que se trate de la recta de máxima pendiente.

Sesión

Geohidrología

Lunes 4 — Martes 5

SALA F

MAPA HIDROGEOLÓGICO DIGITAL DE MÉXICO

Dirk Masuch Oesterreich

Facultad de Ciencias de la Tierra, Laboratorio de Sistemas de
Información Geográfica, UANL
E-mail: dmasuch@ccr.dsl.uanl.mx

Objetivo: Dentro del marco del proyecto "The Digital Hydrogeologic Map of México" se establecieron un sistema de información hidrogeológica de la Republica Mexicana. El núcleo de este sistema es su base de información geológico-estratigráfica y hidrogeológica. Se integraron varias fuentes de datos digitales y análogos dentro de una plataforma SIG, la cual facilita el acceso a la información y permite una rápida visualización de los importantes parámetros hidráulicos de las formaciones geológicas.

Metodología: Se utilizó el sistema ARC/INFO para la integración de datos digitales topográficos, geológicos y hidrogeológicos en formatos vectoriales, imagen, y raster. Se utilizan los datos del Digital Chart of the World como el fondo topográfico para las visualizaciones. En base del geomodelo de altimetría GTOPO30 del USGS, se han procesado un modelo de elevación hidráulicamente corregido. Este modelo sirvió como base para la delineación de las mayores cuencas hidrológicas y de la red de escurrimientos superficiales. La información geológica fue digitalizada de la Carta Geológica de la Republica Mexicana del Instituto Geológico de la UNAM. Se hizo una clasificación de las formaciones geológicas según su conductividad hidráulica y su transmisividad. Los parámetros hidráulicos son las informaciones principales a presentar en el mapa hidrogeológico. La documentación de las varias capas digitales esta escrita en el formato html, lo cual permite el acceso a los metadatos tanto a través de redes internas como a través del internet.

Resultados: El mapa hidrogeológico digital está estructurado en un archivo de proyecto para el sistema Arcview 3.2, el cual contiene varias visualizaciones temáticamente ordenadas. El project file incluye los mapas ya diseñados y preparados para la impresión. El sistema digital «Carta Hidrogeológica de México» está integrado en un disco compacto, el cual esta preparado para el acceso directo desde el CD a través del sistema Arcview 3.2 o más reciente.

Agradecimientos: El proyecto cuenta con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), del Programa de Apoyo a la Investigación Científica (PAICyT) de la Universidad Autónoma de Nuevo León, y del Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD).

ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA: EN CHIHUAHUA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Ignacio A. Reyes Cortés¹, Philip C. Goodell², Adolfo Chávez Rodríguez¹ y Ramón Grajeda Carrera¹

¹ Facultad de Ingeniería, UACH

E-mail: ireyes@uach.mx

² University of Texas at El Paso

Para la captación de agua de lluvia por los acuíferos a través de procesos naturales son necesarias tres condiciones indispensables: a.- Que haya precipitación suficiente en el área para humedecer el suelo y evitar la evaporación, b.- Que la superficie sea suficientemente horizontal para que se alcance a acumular el agua y c.- Que haya las condiciones necesarias de porosidad y permeabilidad para la infiltración.

La primera condición esta limitada por el clima de cada región que tiene grandes variaciones estacionales y de periodos más largos. Localmente también existen variaciones climáticas influenciadas por factores geográfico-geológicos que pueden hacer que una parte de la cuenca tenga condiciones favorables y otra parte de la misma cuenca tenga condiciones muy adversas. La segunda condición para la captación de agua de lluvia depende de factores circunstanciales físico-geográficos y geomorfológicos hasta los climáticos estocásticos. La tercera condición para la captura del agua se relaciona con el suelo y su capacidad de absorber el agua en el menor tiempo posible. Para que se cumpla esta condición es necesaria que la superficie presente ciertas características sedimentológicas y petrográficas.

Otros trabajos han establecido que el clima determina la distribución de agua en el ambiente, las condiciones circunstanciales que lo controlan son por ejemplo la cubierta vegetal. La pendiente, la composición y la permeabilidad del suelo determinan que cantidad de agua de lluvia es susceptible de infiltrarse para quedar atrapada por el subsuelo. Todos los valores de los índices y parámetros que utilizamos actualmente para determinar esos factores de permeabilidad, de transmisibilidad o de infiltración, etc., son tomados directamente de la literatura, rara vez se miden o estiman para las condiciones que imperan en las áreas de estudio, en ocasiones los valores que se usan llegan a ser totalmente inapropiados.

Con esta información se muestra la necesidad de que se hagan las mediciones y estándares directamente del suelo localizados en lugares cercanos. También se muestra la necesidad de que exista un equilibrio entre los volúmenes de extracción y los volúmenes de infiltración que se deben calcular con parámetros medidos. Cualquier volumen de agua extraído del subsuelo es desminuido del volumen de agua que sale o estaba saliendo por los manantiales, esto significa que se mantiene un estado de equilibrio natural en el volumen total de agua subterránea. Es decir que si no se extrae agua del acuífero

y existen los manantiales significa que el acuífero está en equilibrio. Cualquier cantidad de agua de lluvia que sea infiltrada o captada por el suelo será liberada de inmediato a través de los manantiales. Esto se debe a que el sistema hidráulico del acuífero está en equilibrio natural, y para que pueda llegar captarse algún volumen de agua en el acuífero es necesario que el acuífero tenga una deficiencia, es decir que el nivel freático esté por debajo del nivel en equilibrio natural.

El máximo volumen de agua de lluvia que se puede captar será solo una parte del total de la precipitación. Ese volumen susceptible de infiltrarse sólo podrá captarse en el acuífero si existe capacidad de almacenamiento del acuífero es decir, es el volumen del que podemos disponer sin alterar el equilibrio natural. Sin embargo, se hace necesario que existan además otras condiciones físicas y geográficas como la granulometría y las pendientes de la superficie como se mencionó antes. El volumen disponible de agua de lluvia susceptible de infiltrarse será el mismo volumen susceptible de extraerse del acuífero.

Las regiones áridas en general se consideran como áreas de escasa captación de agua de lluvia, pero en realidad presentan las mejores condiciones para la infiltración de agua de lluvia. Las características que la definen como mejores son las siguientes: Primero es que el suelo está totalmente seco y si es arcilloso, la humedad queda atrapada de inmediato por la succión y absorción de las arcillas, o si es limo-arenoso, entonces la humedad puede hundirse a mayores profundidades. Captando realmente el agua de lluvia. Segundo, las precipitaciones se dan de manera torrencial, es decir el agua humedece el suelo y permite que haya un excedente a la evaporación potencial, permitiendo la infiltración de una cantidad significativa. Tercero, normalmente los niveles freáticos se encuentran a una profundidad suficiente como para dejar espacio para ser capturada la mayor parte del agua que llega a infiltrarse. Tomando en consideración que los niveles freáticos se encuentran a mayores profundidades para permitir la evaporación a través del efecto de la capilaridad. Y cuarto, la infiltración en estas áreas siempre se encuentra en equilibrio, es decir que a pesar de que existe una gran infiltración en el periodo de lluvia, la evaporación por capilaridad es grande, especialmente en los alrededores de los manantiales, también denominados como oasis.

Chihuahua, Chihuahua, México.

Actualmente existe una gran necesidad de abastecimiento de agua potable para la Ciudad de Chihuahua, y ahora más que nunca por las distancias que implican las fuentes de abastecimiento, se hace indispensable tomar en consideración todas las fuentes alternativas disponibles que se puedan ser exploradas, antes de decidirse por alguna en especial o tomar medidas apresuradas en circunstancias no favorables, especialmente si se trata de la ejecución de proyectos únicos que involucran toda la región. La Ciudad de Chihuahua se está abasteciendo de tres fuentes principales externas al área de la ciudad; los Ojos del Chubasco, de Tabalaopa-Aldama y de Sacramento. El volumen de agua que importa es significativo,

sin embargo, no logra satisfacer por completo las necesidades de agua. Ya se requiere de nuevas fuentes porque las necesidades están creciendo constantemente, inclusive en este mismo momento se deberían estar tomando medidas para que la escasez actual no se convierta en un problema social, en un futuro inmediato. La medida tomada por el gobierno estatal de realizar un estudio de factibilidad para llevar el agua de la Presa del Granero a la Ciudad de Chihuahua, da a entender que las medidas se están tomando apresuradamente y sin una verdadera evaluación de todas las posibles fuentes alternas para el abastecimiento de esa necesidad.

La Ciudad de Chihuahua está viviendo una sequía prolongada, misma que ha permitido iniciar la prospección de nuevas fuentes alternativas para el abastecimiento de agua. Sin embargo, se considera en este trabajo que no se incluyeron todas las fuentes alternativas posibles, inclusive se piensa que se deberían reevaluar las cuencas que actualmente se están explotando, ya que la extracción se concentra en áreas relativamente restringidas, como lo muestra la figura anexa. Es necesario estar seguro de que el problema que se tiene con los acuíferos actuales sea de la administración del recurso hídrico (extracción intensivamente e indiscriminada concentrada, mientras que el resto del acuífero apenas si se toca).

Se muestran los acuíferos susceptibles de ser explotados para satisfacer las necesidades de agua de la Ciudad de Chihuahua y que se encuentran dentro de un radio de 100 km. Se tomó esta distancia porque la Presa del Granero está a una distancia en línea recta mayor a los 100 km.

La Tabla que se muestra señala los acuíferos que se pueden identificar dentro de este perímetro, y que además contiene sus características distintivas. A partir de estas características se puede hacer una interpretación preliminar sobre el potencial hídrico subterráneo de cada una de las cuencas. El potencial de cada una de las cuencas está definido por la infiltración potencial que se pueda tener en la cuenca y al mismo tiempo la capacidad que tenga el acuífero en el momento de la precipitación.

El mecanismo del modelo del acuífero en equilibrio indica que el volumen de agua que se infiltra en un área del acuífero es exactamente el mismo volumen de agua que brota o sale de los alumbamientos naturales, es decir no existe la captación o almacenamiento del agua infiltrada. El acuífero en este caso está lleno. Pero si le extraemos el volumen que se estima es susceptible de infiltrarse, entonces tendremos periódicamente esa cantidad de agua disponible y renovable estacionalmente. Volumen que podremos estar usando independientemente de la presencia de periodos de sequía prolongados, ya que durante los cortos periodos de humedad se podrán recuperar los acuíferos. Es importante establecer que los pozos de extracción deberán estar estratégicamente distribuidos para impedir que se formen conos de abatimiento agudo, como ocurre actualmente dentro del área metropolitana de la Ciudad de Chihuahua y que es debido precisamente por la concentración de los pozos de extracción en áreas restringidas de la cuenca.

También es necesario considerar el impacto social y ecológico que ocasiona la perforación de baterías de pozos en áreas rurales, aún cuando sean para el abastecimiento de la ciudad. Por ejemplo en ocasiones se diseña la perforación de pozos profundos en áreas donde la población rural tiene construidas sus norias. Al operar la batería de pozos, se forman los conos de abatimiento. Algunas veces los dichos conos de abatimiento abarcan a las norias, dejándolas secas y con ellos las parcelas que regaban. Los habitantes rurales quedan desprotegidos laboralmente, de manera que provoca la migración a la ciudad.

En conclusión es necesario la generación de modelos geohidrológicos que definan y determinen los límites de los acuíferos así como las áreas de recarga correspondientes; la generación de modelos hidrogeoquímicos para determinar la calidad del agua y su vulnerabilidad a los contaminantes potenciales naturales y artificiales; también es importante la generación de modelos de flujo para predecir con base a su uso, el comportamiento de los acuíferos en el futuro y poder tomar las medidas correctivas necesarias y hacer la gestión adecuada para cada uno de los acuíferos mencionados. También se concluye de las características de los acuíferos considerados, que además de generar el abatimiento del nivel freático de manera artificial también es necesario ayudar a la infiltración natural permitiendo de manera inducida la infiltración del agua de lluvia a través de la construcción de diversas obras como son las trincheras, los gaviones, los bordos, etc.

GEOH-03

REALIZACIÓN DE UN MODELO HIDROGEOLÓGICO

Adrián Flores Orozco y Rodrigo Vilchis Franco
Carrera de Ingeniería Geofísica, Facultad de Ingeniería, UNAM
E-mail: ariaspaz@servidor.unam.mx

Los modelos matemáticos se utilizan ampliamente para analizar y evaluar los sistemas acuíferos y para predecir su respuesta ante estímulos tales como el flujo subterráneo y descenso del nivel freático causados por la extracción de pozos de bombeo.

En busca de ayudar a la toma de decisiones técnicas, políticas y económicas acorde a la situación del acuífero, es necesario contar con modelos confiables y lo mejor apegados a la realidad física, que logren describir las condiciones del acuífero o representarlo de manera confiable y hacer las predicciones pertinentes.

Este trabajo analiza la construcción de un modelo de simulación hidrodinámica que se efectúa con ayuda del programa Visual ModFlow, en donde destacan como elementos principales: el desarrollo de un modelo conceptual del funcionamiento hidrogeológico, el diseño del modelo numérico, la calibración, las pruebas de desempeño (verificación) del mismo, y las simulaciones predictivas.

GEOH-04

INTERPRETACION DEL ESCURRIMIENTO PROVOCADO POR EL HURACÁN JULIETA EN LA ZONA SUR DE LA PENINSULA BAJA CALIFORNIA

Jobst Wurl y José C. Arce O.
Universidad Autónoma de Baja California Sur
E-mail: jwurl@uabcs.mx

Esta investigación fue iniciada aprovechando la situación hidráulica excepcional ocurrida después del huracán Julieta (21 septiembre-1 octubre 2001), la cual nos permitió investigar el almacenamiento de los acuíferos de 11 cuencas alrededor de la sierra La Laguna, una cadena montañosa en dirección norte-sur con elevaciones hasta los 2,100 m s.n.m. Normalmente, debido al clima semiárido de la región, el escurrimiento en dichas cuencas es observado solo pocos días al año. Por lo que esto se han instalado estaciones hidrológicas en 11 arroyos localizados a lo largo de las rutas federales, que permiten la medición directa del escurrimiento. Los objetivos que se pretenden alcanzar son los siguientes:

- Conocer la cantidad del agua que se recargó (base flow).
- Conocer el funcionamiento de los acuíferos para almacenar el agua.
- Analizar la calidad del agua superficial y su variación con el escurrimiento.
- Calcular el balance hidrológico para cada cuenca y obtener el promedio regional.
- Verificar los resultados en comparación con investigaciones anteriores.

Las primeras mediciones fueron realizadas un mes después del paso del huracán a causa de los daños provocados por el mismo y por la gran cantidad de agua escurriendo. Durante el huracán Julieta se precipitó un promedio de 580 mm en el área del estudio. En las 11 estaciones hidrométricas se observó un flujo base (base flow) un mes después del huracán. Lo anterior indica la cantidad del agua precipitada que se infiltró en los acuíferos de la sierra La Laguna y posteriormente escurrió en los arroyos. En las cuencas hidrológicas, con un total de 1900 km² de superficie, se ha observado un flujo base que representa 4,9 % del volumen total de la precipitación. El coeficiente α según Maillet, que significa la capacidad de los acuíferos para almacenar el agua, varía entre 0.011 y 0.088. Se han observado escurrimientos provocados por el huracán hasta seis meses después de ocurrido.

Los escurrimientos observados al término del huracán Julieta, sirven para entender mejor los efectos de huracanes dentro del balance hídrico y son muy valiosos para calibrar un futuro modelo matemático de las cuencas del sur de la península de Baja California. Con un método relativamente básico fue posible medir el escurrimiento con cierta exactitud

y extrapolar el total del flujo base. Los resultados obtenidos en este estudio son similares a los reportados por otros investigadores con datos obtenidos durante el huracán Paúl en 1982. Para la mayoría del agua precipitada durante el huracán, no se conoce la relación entre la cantidad almacenada en los suelos y la consumida después por evapotranspiración así como la cantidad que se infiltró y escurrió como un flujo subterráneo bajo la superficie de las estaciones. Es necesario instalar pozos de observación cerca de las 11 estaciones y continuar el registro del flujo subterráneo en los próximos años para obtener un balance hídrico completo.

GEOH-05

LA CALIDAD DEL AGUA PLUVIAL EN CD. JUÁREZ, CHIH., MÉXICO

Renata del Carmen Castro Ruíz¹, Thomas Kretzschmar²,
Angelina Domínguez Chicas¹ y Francisco Núñez Sanchez³

¹ Universidad Autónoma de Cd. Juárez

² Depto. de Geología, CICESE

E-mail: tkretzsc@sismo.cicese.mx

³ Instituto Municipal de Planeación e Investigación de Cd. Juárez

La calidad del agua que entra al drenaje pluvial, incluye por una parte a la precipitación natural, y por otra a la sumatoria contaminantes presentes en diversas escorrentías generadas por tormentas en regiones urbanas: escorrentías de techos, terrenos naturales y pavimentados, con características intrínsecas a la actividad humana (residencial, comercial, agrícola, industrial, etc.). En zonas destinadas para el desarrollo urbano de la ciudad existe la posibilidad, y es recomendable, de incluir sistemas de recarga. Previo a la construcción de tales instalaciones es necesario conocer la calidad de las escorrentías en zonas urbanas con características distintas y, en base a esto, diseñar y construir el sistema de tratamiento adecuado para realizar la recarga del acuífero de una manera eficaz y segura.

Los escurrimientos generados por las lluvias en Cd. Juárez representa una fuente alterna de recarga al acuífero del Bolsón del Hueco. Hasta el momento las escorrentías solamente están retardadas por diques ubicados en su mayoría en arroyos de la zona poniente de la ciudad, sin embargo la aportación de recarga de estas construcciones es mínima debido a diseños inadecuados y falta de mantenimiento de los diques.

El estudio tiene como objetivo determinar la calidad de las aguas pluviales de la ciudad, en base a monitoreo de cuatro eventos de lluvias en sus etapas inicial e intermedia, en tres sitios de muestreo de la ciudad: cauce natural sin influencia urbana, cauce natural con influencia urbana, y zona urbana. Basándose en los resultados obtenidos de los diferentes eventos se hace un comparativo de la calidad de las aguas pluviales de Cd. Juárez respecto a los niveles establecidos por las guías de la ANZECC (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council's) para uso de agua

pluvial como agua de riego (el fundamento es que la calidad del agua pluvial debe cumplir mínimo con los parámetros del agua subterránea).

Los parámetros analizados para determinar la calidad del agua pluvial fueron nitratos, fosfatos, grasas y aceites, TPH's y diferentes metales pesados entre otros, los cuales permitieron establecer una diferenciación entre las micro cuencas dependiendo de su grado de urbanización. Sin embargo es necesario de establecer un monitoreo permanente en los sitios seleccionados para determinar la fluctuación de los diferentes parámetros.

GEOH-06

RECARGA DE LA FM. BÁUCARIT EN ÁLAMOS, SON., MÉXICO

Jesús Nájera-Garza y Rafael Rodríguez-Torres

Depto. de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Son.,
México

E-mail: jng1207@hotmail.com

La evaluación regional de la evolución tectónica de la Sierra Madre Occidental (SMO), en conjunción con la de la Sierra de Álamos (SA), en la porción sur del Edo. de Sonora; permitieron determinar una aportación a la recarga de los acuíferos superiores de la Fm. Báucarit (Tm), de más de 60 lps, de acuerdo con aforos llevados a cabo en las obras hidráulicas ya instaladas, para abastecer de agua subterránea a la población de Álamos y futuros desarrollos suburbanos adyacentes. El reconocimiento y la verificación de campo de la información geológica disponible, más reciente (2001), correspondiente a las regiones centro-norte, noreste y oriente de Sonora, se correlacionaron con la verificación de campo local, tanto en la SMO, hasta el límite con Chihuahua; como en la SA, que aquí se considera como la prolongación, hacia el sur, del llamado "Batolito de Sonora", en las que se verificó que ambas presentan un intenso fracturamiento, por tectonismo regional y local; lo cual les imparte las capacidades de captar y transmitir un alto porcentaje del agua meteórica, y conducirla hacia los estratos con capacidades de almacenarla, de la Fm. Báucarit (Tm), de la que se seguirá surtiendo a las poblaciones, por un largo plazo de más de 25 años. El reconocimiento, aunque muy restringido en tiempo, de las unidades litológicas mesozoicas del Triásico y del Jurásico, en el flanco occidental de la SMO, fue suficientemente evaluado, para llegar a las conclusiones citadas; su extenso e intenso fracturamiento ha permitido la eficiente recarga de las formaciones acuíferas, en las regiones bajas de las sierras (SMO y SA), y en los acuíferos profundos de la planicie costera del Golfo de California. Hecho, este último que no se ha utilizado eficientemente, pues frecuentemente se presentan reportes sobre la intrusión salina, de origen marino actual, de los acuíferos someros de la región agrícola de los Valles de los Ríos Mayo y Yaqui; lo cual es muy errático, pues el uso indiscriminado e ineficiente de agroquímicos en las prácticas agrícolas, es muy probable y posible que haya salinizado a estas fuentes de agua para la

irrigación. Aquí se propone una evaluación científica, no como prácticas de jóvenes pasantes, sino con la utilización de los procedimientos más avanzados como con el empleo de ISÓTOPOS AMBIENTALES O ESTABLES, para determinar de manera contundente y efectiva, el ORIGEN de los solutos de los acuíferos someros, que están deteriorando MUY TORPEMENTE a la producción alimentaria de estos excelentes graneros del noroeste del País. Además del gran impacto económico-social, en su aspecto de los desarrollos turísticos, pues éstos requieren del agua que desde ahora, se disputan con los agricultores; al haber construido acueductos hacia Guaymas y el moderno y costoso desarrollo turístico de San Carlos, Nuevo Guaymas, Son. Este mismo tipo de construcciones se irán, quizás, efectuando en todo el litoral del Golfo de California; lo que, si no se evalúa CIENTÍFICA E INGENIERILMENTE, se convertirán en amplias zonas de contaminación y deterioro de TODOS los ecosistemas naturales y humanos, tanto tierra adentro como en las aguas marinas someras, donde se crían las larvas de casi todos los seres vivientes de estos entornos de la biodiversidad regional.

GEOH-07

PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA OBTENCIÓN DE INDICES DE VEDA: CASO CIENEGA DE CHAPALA

J.T. Silva García¹, S. Ochoa Estrada¹, R. Rodríguez C.² y F. Navarrete¹

¹ CIIDIR, IPN, Unidad Michoacán
E-mail: tsilva09@hotmail.com

² Instituto de Geofísica, UNAM

El analizar el estado actual que guarda el recurso hídrico en la Ciénega en función de la demanda de un servicio, es un factor importante para inferir las futuras tendencias de oferta-demanda de dicho recurso; en este caso, el desarrollo sustentable significa conservación del agua eliminando su uso irracional, mejorando sus rendimiento y su calidad.

Se propone una metodología encaminada a determinar estrategias de manejo y operatividad en la Ciénega de Chapala, Jurisdicción del Distrito de Riego No. 024 de la Comisión Nacional del Agua, en cuanto a la extracción del agua subterránea, a través de la definición de un Índice de Veda (IV), orientado a lograr su máximo beneficio, con criterios de sustentabilidad. El método utilizado, consistió en un análisis por cuadrantes de 4 km², de seis factores, seleccionado después de un exhaustivo análisis de circunstancias que se dan cuando se trata de otorgar autorización para un nuevo aprovechamiento, lo que permitió obtener una densidad de información detallada del ámbito de trabajo, organizada mediante un sistema de información geográfica, apoyados con el programa Arcview 3.2. Los aspectos considerados fueron: densidad de pozos, volumen de extracción, calidad química del agua subterránea, calidad química del suelo, abatimiento del nivel estático y subsidencia.

Cada factor previamente fue normalizado a una escala de 0 a 1 y una vez que todos ellos han sido asignados a un rango, éstos fueron multiplicado por un peso respectivo (P); que representa de manera numérica el grado de importancia e influencia que cada uno de ellos tiene en el ámbito de manejo del agua subterránea, siendo del 5, el de mayor índice de relevancia y de 1 como el de menor impacto.

Se encontró que un alto porcentaje (43%) de la Ciénega de Chapala, presenta condiciones muy altas de inequidad y vulnerabilidad, manifestándose por la explotación de agua de mala calidad (malos diseños de pozos), existencia de altas concentraciones de pozos en áreas pequeñas y un alto grado de sobreposición de dominios entre pozos. El IV, pretende incidir en el manejo científico del recurso hídrico, fomentando políticas y reglas sustentables de operatividad, basados principalmente en el conocimiento que se tiene del estado que guarda el acuífero.

GEOH-08

HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO COSTERO DEL VALLE DE GUAYMAS-BOCA ABIERTA, SONORA

Rodrigo González-Enríquez y Armando Gabriel Canales-Elorduy
Instituto Tecnológico de Sonora
E-mail: rglez@itson.mx

El estudio comprendió un Levantamiento de Resistividad por la técnica del Transitorio Electromagnético (TDEM), con un nivel de exploración somero para investigar los primeros 300 m, en 59 sitios de medición, que se integran en 10 perfiles, con una bobina de 100x100 m y 150x150 m. También se realizaron 9 sitios de Resistividad para investigar hasta los 1000 m, utilizando una bobina de 300x300 m.

El mapeo resistivo en los primeros 300 m, muestra en lo general una clara zonificación de las zonas de alta conductividad que corresponden con la presencia de agua de mar, y su distribución espacial hacia el continente con lo cual es posible identificar aquellas zonas que presentan una franca intrusión del agua de mar hacia el continente.

El comportamiento en perfil también indica la presencia de estructuras asociadas con diferentes tipos de rocas, que interactúan con la dinámica del acuífero superior, así tenemos que hacia la línea de costa se identifican zonas asociadas con rocas ígneas, que impiden una entrada franca del agua de mar hacia el continente, dándose este fenómeno en zonas que corresponden con materiales granulares, o rocas con un intenso fracturamiento.

Alejándonos de la línea de costa y hacia el Continente, los materiales que predominan en los primeros 100 m, son principalmente arenas, gravas, arcillas y boleas, y es a través de estos que se da el fenómeno de la intrusión salina.

La caracterización del agua de mar mediante la resistividad eléctrica, permite identificar valores menores de 6 Ohm-m, con las zonas de mayor conductividad, y siendo de menor conductividad al incrementarse la resistividad.

GEOH-09

CONTAMINATION FOR NITROGEN COMPOUNDS IN SURFACE AND GROUND WATERS OF THE YAQUI VALLEY, SONORA, MEXICO

Rodrigo González-Enríquez¹, Leticia Guadalupe Castillo-Acosta¹
y Luis Ernesto Marín-Stillman²

¹ Instituto Tecnológico de Sonora

E-mail: rglez@itson.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

The nitrogen compound in certain concentrations alters the quality and readiness of the water, and they can affect the health, the conservation of the natural resources and the economy.

In the Yaqui Valley, the contamination of the soil and water is caused by the human activities, since they generate solid waste and liquids with discharges nitrogen loads. For this reason, it is important to analyse the behaviour of these compounds.

In this study, the generation of nitrogen compound by the human activities of the valley was quantified, and its concentration was measured in surface and ground waters.

To determine the load polluting nitrogen, we carry out a balance of mass that estimated the potential contribution of the cattle, agricultural, urban and industrial sectors. To measure the concentration of these compounds we carry out a sampling of waters in 5 stations of irrigation channels, 52 deep wells of drinkable water and irrigation and 11 stations of channel collectors of wastewaters.

The results of the nitrogen balance show that the cattle sector contributes with 97.67%, the agricultural with 1.49%, the urban with 0.52% and the industrial with 0.32%.

In irrigation channels the nitrogen concentration was low (of 0.82 to 2.56 mg/l), the maxim corresponds to the Canal Alto. In the wastewaters collectors the concentration was high (of 7.74 to 452.02 mg/l), the highest was in the Collector 3. In groundwater, the concentration of nitrates was of <0.04 to 25.5 mg/l N-NO₃, the biggest was presented in the well 785, which surpasses the norm of drinkable water (10 mg/l N-NO₃). Regarding the nitrites, the range was of <0.04 to 0.12 mg/l of N-NO₂, registering the well 478 the highest concentration, which surpasses the norm of drinkable water (0.05 mg/l N-NO₂).

We conclude that the cattle sector presents bigger potential risk of contamination to be the main generator of nitrogen compounds. The water contamination in the irrigation

channels is not presented by these compounds, while the channel collectors of wastewaters present the highest contamination, mainly the Colector 3. In the groundwater, of 52 wells, alone one presents contamination for nitrates and another for nitrites.

Key words: Nitrates, Cycle of the nitrogen, Human contamination, Water Pollution, Loads pollutant.

GEOH-10

HIDROGEOFÍSICA Y BALANCE HIDROLÓGICO PARA LA MODELACIÓN MATEMÁTICA DEL ACUÍFERO DE GUAYMAS-EMPALME, SONORA

Vega Granillo Eva Lourdes, Castillo Gurrola José, Morales Montaña Mariano y Tapia Padilla Gabriela
Depto. de Geología, Universidad de Sonora
E-mail: lvega@geologia.uson.mx

La presente investigación se realizó con el apoyo del Simac-Conacyt durante los años de 2000 y 2001. Consistió en tres etapas: a) Estudios hidrogeofísicos (composición del acuífero); b) Balance hidrológico integral (entradas y salidas de agua al sistema); y c) Modelación matemática (comportamiento de niveles piezométricos y contaminación).

Los sondeos eléctricos verticales y cortes litológicos de pozos, mostraron que los sedimentos del acuífero de Guaymas-Empalme son arenas, gravas, limos y arcillas en los primeros 200 m. A profundidades mayores, se encontraron basaltos intercalados con la secuencia aluvial. El método de resistividad definió la presencia de dos frentes de intrusión salina en el Valle de Boca Abierta (parte del Valle de Guaymas-Empalme) y a lo largo de la Falla Santa Ursula. También evidenció el deterioro de la calidad del agua subterránea y suelos por la presencia excesiva de sales (Cl y Br).

La magnetometría y el análisis de gravimetría previa, mostraron que el basamento presenta un patrón estructural complejo (fosas y pilares) producto de una tectónica distensiva terciaria que dio origen a la Provincia de Sierras y Valles Paralelos.

Las características hidrológicas del sistema Guaymas-Empalme son de bajas a nulas precipitaciones y escurrimientos superficiales; entradas subterráneas de agua dulce por el norte y salada por el sur; alta evapotranspiración; y bombeo excesivo. Los balances hidrológicos elaborados para los años 1970, 1980 y 1990 fueron negativos, ya que los volúmenes de entrada de agua al sistema fueron menores que los de salida, tomándose agua del almacenamiento del acuífero.

El modelo conceptual consideró las Sierras El Bacatete (este) y Santa Ursula (oeste) como fronteras laterales impermeables al flujo, el Mar de Cortés al sur como frontera de carga hidráulica constante y al norte como frontera de carga variable. Se usó una malla de 32 columnas por 50 renglones de 1 km². La modelación matemática comprobó el abatimiento

de los niveles piezométricos hasta - 60 mbnm en la zona de Maytorena. La intrusión de agua de mar al acuífero se ubicó de 15 a 20 km continente adentro, inutilizando el agua subterránea y los suelos destinados a la agricultura.

GEOH-11

**TRANSPORTE DE SALES DE LA LAGUNA DE
EVAPORACION DEL CAMPO GEOTERMICO CERRO
PRIETO HACIA LOS SUELOS LOCALIZADOS AL SUR Y
SUROESTE DEL CAMPO**

Gerardo García Saille¹ y Jorge Ramírez Hernández²

¹ Instituto de Ciencias Agrícolas, UABC

E-mail: jramirez@iing.mxl.uabc.mx

² Instituto de Ingeniería, UABC

El valle de Mexicali, en los últimos 50 años, se caracterizado como uno de los valles agrícolas más productivos del México. El deterioro paulatino de la calidad química de los suelos, se ha atribuido de forma general a la falta de sistemas de drenaje agrícola a nivel parcelario y a la disminución del agua para riego. Aunado a estos factores en la región agrícola ubicada al Sur y Suroeste del Campo Geotérmico Cerro Prieto (CGCP) el transporte de sales desde la laguna de evaporación ha incrementado la presencia de sales en el suelo.

En el presente trabajo se simula el transporte de solutos a partir de la Laguna de evaporación del CGCP hacia los suelos localizados al Sur y Suroeste del propio campo, con base en análisis de la concentración de los principales iones. Se considera la concentración promedio de sales en la laguna como muestra origen, muestras de agua somera del acuífero, agua de riego del Canal Nuevo Delta y análisis de suelo a profundidades de 0-20, 20-50 y 50-100 cm.

La modelización se llevó a cabo suponiendo que se trata de un tubo de flujo desde la laguna hasta la zona agrícola bajo tres etapas. La primera consideró que el proceso de acumulación de sales en el primer metro del perfil del suelo se debe a los procesos de infiltración de agua de la laguna, transporte, ascenso capilar y posterior evaporación en los suelos ubicados inmediatamente al Sur de la Laguna, dentro del CGCP sin actividad agrícola. Encontrándose que durante el proceso de migración-ascenso capilar-evaporación de la solución en los suelos se presenta una acumulación progresiva de sulfato de calcio aunado a una disminución del pH.

En la segunda etapa se encontró que es posible obtener la composición química del agua del acuífero como el producto de la mezcla del agua de riego con el agua de la laguna en proporciones de 58 y 42% respectivamente.

Finalmente, la tercera etapa considera que la composición iónica del suelo es producto de la evaporación del agua del subsuelo, lo cual es posible evaporando 3.7 el agua original.

Las tres etapas son analizadas con base en la viabilidad de los modelos bajo el criterio del estado de saturación de las especies acuosas y las proporciones de mezcla considerando

como conservativo al ión cloruro. Encontrándose que es viable atribuir, como un proceso adicional de salinización del suelo, la incorporación de sales debido a la infiltración de salmuera geotérmica en la porción sur y suroeste del CGCP.

GEOH-12

**PROPIEDADES Y COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE
LOS DEPÓSITOS LACUSTRES DE LA CUENCA DE
MÉXICO**

Vargas-Cabrera C. y Ortega-Guerrero M.A.

Centro de Geociencias, UNAM

E-mail: varcarlos@hotmail.com

Los depósitos lacustres de la Cuenca de México con espesores hasta de 300 m en Chalco y Xochimilco, y de 80 m en Texcoco y México; sobreyacen a un acuífero granular y a otro fracturado en rocas volcánicas al sur de la Cuenca. Con el fin de conocer las propiedades hidráulicas en los depósitos lacustres, se realizaron cerca de 300 Pruebas de Permeabilidad a profundidades de 3 a 85 m, por el método de Hvorslev. La hidroestratigrafía define tres acuitardos con espesores medios de 20 y 30 m separados por dos acuíferos salobres a profundidades promedio de 20 m y 50 m. La conductividad hidráulica en el acuitardo somero varía de 3E-11 hasta 5E-8 m/s; mientras que en el segundo acuitardo es de 4E-11 a 5E-9 m/s, y en el tercer acuitardo el único valor obtenido es de 2.2E-11 m/s. El análisis estadístico para Pruebas de Permeabilidad duplicadas entre 1990 y 1994, muestra incrementos en la conductividad hidráulica de casi dos órdenes de magnitud en el acuitardo somero y en la base del segundo, y de menos de medio orden de magnitud en la parte intermedia. Se identificó una zona activa de flujo de agua subterránea en los primeros 10 m de profundidad en los bordes de las planicies y a más de 20 m en la parte central. Esta zona está relacionada con: altos valores e incrementos de la conductividad hidráulica, bajos valores del gradiente hidráulico y baja salinidad. Se asocia esta zona a microfracturas reportadas en estudios previos.

GEOH-13

**PROCESOS HIDROGEOQUÍMICOS EN LA ZONA NO
SATURADA EN UNA PARCELA AGRICOLA REGADA
CON AGUAS RESIDUALES EN EL VALLE DE MEXICALI**

Reyes López Jaime Alonso

Instituto de Ingeniería, UABC

E-mail: jaime@iing.mxl.uabc.mx

En este trabajo se presenta el análisis físico-químico del agua de precolación en la Zona No Saturada (ZNS) en una parcela agrícola regada con aguas residuales en el Valle de Mexicali.

Para el muestreo del agua en la ZNS se han utilizado una serie de tomamuestras con cápsulas de cerámica (lisímetros) que permiten la recuperación del agua gravífica de precolación y que nos da una idea real de las condiciones físico-químicas

a diferentes profundidades en la ZNS. Estos tomamuestras se han colocado a cada 30 cm y hasta una profundidad de 150 cm. También se han colocado una serie de piezómetros para controlar las oscilaciones del nivel freático así como para extraer muestras del acuífero superior. El nivel freático se mantuvo durante la experiencia alrededor de los 3.5 metros en promedio. Para controlar las condiciones de almacenamiento se han colocado un par de tensiómetros los cuales miden indirectamente el contenido de humedad del suelo. Estos se colocaron a 30 y 60 cm de profundidad.

A partir de la interpretación resultados de los análisis químicos realizados al agua de precolación a diferentes profundidades y tiempos se han distinguido ciertos procesos hidrogeoquímicos. Estos procesos hidrogeoquímicos son condicionados por una alta tasa de evapotranspiración (ET) con un valor estimado a partir de los cloruros superior al 70% durante toda la temporada de riego (Noviembre-abril). El agua de riego, al iniciar su precolación, en los primeros centímetros de profundidad, reacciona con el medio produciéndose procesos de disolución de minerales sulfatados y carbonatados posiblemente yeso y calcita, respectivamente. Aunque aún falta por corroborarse la presencia de esas fases minerales en el suelo. Al continuar su precolación y bajo la influencia de la ET se suceden ciertos procesos de precipitación principalmente de fases carbonatadas. Los valores obtenidos de calcio y magnesio, junto con los procesos de disolución y precipitación mencionados dan indicios de posibles procesos de intercambio entre estos dos iones.

De este modo, en cuanto a la evaluación de iones mayoritarios los procesos hidrogeoquímicos en la ZNS condicionan la cantidad y calidad de agua que arribará al acuífero superior, incrementando, en este caso, la salinidad del acuífero. Aún falta por analizar el comportamiento de los iones traza y metales pesados que son los que tienen un efecto más peligroso para el hombre.

GEOH-14

POTENCIAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES EN SISTEMAS DE INFILTRACIÓN EN EL SUELO

Pedro Soto¹, Alejandro Carrillo-Chávez², L.G. Wilson³, R.A. Arnold³ y M.H. Conklin³

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

E-mail: pedro.soto@cna.gob.mx

² Centro de Geociencias, UNAM

³ Department of Hydrology and Water Resources, University of Arizona

Se utilizaron dos columnas de plexiglas de un metro de longitud y 7.62 cm de diámetro interno empacadas con migajón arenoso a una densidad aparente de 1.60 g/cm³ y una porosidad de 0.4. Durante 24 semanas, cada columna recibió en su parte superior efluente primario municipal durante seis a siete días (ciclo húmedo) seguidos por un período igual en el que no se aplicó efluente alguno (ciclo seco). Las láminas de

efluente aplicadas variaron de 0.12 a 0.3 m/d, en tanto la tensiometría fue monitoreada mediante 7 cápsulas porosas de acero inoxidable colocados a lo largo de la columna de suelo. La condiciones aeróbicas fueron garantizadas evitando la inundación del suelo, determinándose las concentraciones de oxígeno molecular en la atmósfera de suelo por medio de 7 dispositivos a lo largo de las columnas. Para simular condiciones externas, se aplicó luz ultravioleta durante 12 horas al día en la parte superior de las columnas. El tratamiento del efluente se caracterizó en términos de turbidez, carbono orgánico disuelto (DOC), sustancias húmicas (UVA254), coliformes fecales, E. coli y virus (bacteriófagos MS-2), para ello se colectaron muestras del efluente primario aplicado y del infiltrado al cabo de un metro en la parte inferior de cada columna de suelo. Adicionalmente, se realizaron experimentos con un trazador de bromuro con los que se obtuvieron los tiempos de retención (36.5 horas a una infiltración de 0.14 m/día con contenidos de humedad de 0.22). Los resultados indican que bajo este esquema de aplicación de efluente primario municipal se obtiene, luego de un metro de tránsito en la zona no saturada, una reducción de 20.05 ± 8.7 a 6.55 ± 3.14 mg/l (67%) en términos de DOC, de 0.233 ± 0.046 a 0.132 ± 0.047 cm-l (43%) para sustancias húmicas (UVA254) y de 20.2 ± 6.4 a 0.77 ± 0.59 (96%) NTU en turbidez. En el efluente aplicado, las concentraciones de coliformes fecales variaron de $2.4 \cdot 10^7$ a $1.6 \cdot 10^8$ por 100 ml y disminuyeron de 4 a 4.8 órdenes de magnitud, situándose entre 2.3 a $8.0 \cdot 10^3$ por 100 ml. Respecto a E. coli, las concentraciones aplicadas variaron de $2.3 \cdot 10^6$ a $1.7 \cdot 10^7$ por 100 ml, siendo en la mayoría de los casos completamente eliminados durante la infiltración. Respecto a los bacteriófagos, las concentraciones en el efluente infiltrado disminuyeron de 86 a 80% respecto a las encontradas en el efluente aplicado. Por último, para estudiar el potencial denitrificante, se simuló condiciones de anaeróbicas inundando una de las columnas. En este caso se agregaron 20 mg/l de NO₃ como N al efluente aplicado durante dos ciclos húmedos consecutivos, encontrándose una reducción de la masa total aplicada entre 43 y 27%. Bajo las mismas condiciones de inundación, el NH₄⁺ fue eliminado en entre 67 y 35%, con lo que la reducción en las concentraciones de nitrógeno varió de 57 a 31%, descartando las especies nitrogenadas orgánicas y a los nitritos. Los experimentos de laboratorio demuestran que bajo este esquema de tratamiento es posible alcanzar niveles aceptables en la calidad de un efluente primario de origen municipal, pudiendo prescindirse de una planta de tratamiento a nivel secundario y del problema concomitante del desecho de lodos activados generados.

GEOH-15

LOCAL APPROACH AND THE SPLINE REGULARIZATION METHOD FOR THE NUMERICAL IDENTIFICATION OF THE CHARACTERISTICS OF THE POROUS MEDIA OF CONFINED AQUIFERS

Alexandre Grebennikov

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

E-mail: agrebe@fcfm.buap.mx

The numerical method for the identification of the characteristics of the porous media of confined aquifers is considered. Mathematical model is described by the two-dimensional parabolic equation, has the source term, and includes an initial condition so as the Dirichlet or Neumann boundary conditions. The problem under consideration is the Inverse Problem, that consists in a simultaneously reconstruction of two coefficients of differential equation. These coefficients are functions only of the space variables and characterize the properties of a media. One coefficient is included in the Laplace operator, written in the divergent form, another is the co-factor at time derivative of the solution. The measurements of the equation solution and the source term at discrete points that usually do not form a regular net, are used as the input data. We use the Local Approach and the Spline Regularization Method for the numerical solution of this class of the Inverse Problems. The constructed algorithms are justified theoretically and by the model numerical experiments.

GEOH-16

DINÁMICA HIDRÁULICA DE LOS ACUÍFEROS PROFUNDOS DEL YACIMIENTO PETROLERO DEL ACTIVO SAMARIA-SITIO GRANDE, CHIAPAS

Peter Birkle¹ y Ramón Aguilar Maruri²

¹ Instituto de Investigaciones Eléctricas

E-mail: birkle@iie.org.mx

² Exploración y Producción, PEMEX

Durante el periodo de 2000 a 2001, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) realizó un proyecto de investigación para PEMEX-PEP, el cual incluyó la caracterización de la composición química e isotópica de las aguas de formación del yacimiento petrolero del Activo Samaria-Sitio Grande, localizado en la parte norte de Chiapas. Dicho proyecto tuvo como finalidad de, a) determinar el origen de los fluidos, b) verificar la influencia de aguas superficiales inyectadas en la zona productora, y c) reconstruir la dinámica de la hidráulica y comunicación entre los acuíferos profundos. Debido al aumento del porcentaje de agua en los pozos productores durante los últimos años de explotación, lo cual implica pérdidas económicas para la producción petrolera, el estudio se enfocó especialmente hacia la detección de aguas marinas y meteóricas. Dichos fluidos superficiales fueron previamente inyectados al yacimiento con el objetivo de acelerar la migración y extracción de los hidrocarburos. Se

tomaron y analizaron un total de 35 muestras de agua provenientes de los pozos productores de los campos Cactus, Nispero, Río Nuevo, Sitio Grande y Arroyo Zanapa, y como referencia, 5 muestras de aguas superficiales para determinar su composición de elementos mayores y traza, así como de isótopos estables (D, ¹⁸O, ¹³C, ³⁷Cl) y radiactivos (Tritio, ¹⁴C, ³⁶Cl, ¹²⁹I). Como resultado, se determinó un periodo entre $16,550 \pm 50$ kp ($14C = 12.75 \pm 0.07$ pmc) y $37,900 \pm 480$ kp ($14C = 0.89 \pm 0.05$ pmc) para la infiltración de agua superficial al yacimiento petrolero a una profundidad entre 3500 y 4500 m. La heterogeneidad química (Sólidos disueltos totales = 15 a 257 g/l) e isotópica de las aguas de formación indica, a) la mezcla de dos tipos de agua superficial - meteórica y marina evaporada - durante y después de su infiltración, b) la existencia de acuíferos locales aislados, y c) restricciones de la migración lateral de los flujos. En general, las estructuras tectónicas del yacimiento, sean inversas o normales, representan el medio principal para la migración de los fluidos; ellas pueden funcionar en forma ambigua como barrera hidráulica y/o conducto hidráulico. Especialmente, microfracturas, dirigidas del SO/NE, representan el medio más efectivo para el movimiento de fluidos. La detección del trazador tritio, inyectado al campo Sitio Grande, da evidencia indirecta para la migración de los fluidos a nivel local, aunque los estudios isotópicos no comprobaron la llegada directa de agua superficial inyectada en los pozos productores.

GEOH-17

MODELO GEOELÉCTRICO DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE QUERÉTARO

Gabriela Vanessa Zavala Sánchez

Facultad de Ingeniería

E-mail: vanessaza@hotmail.com

Se propone un modelo geoelectrico para el área ubicada en la porción sur-oriental del Estado de Querétaro, dicha área se encuentra situada en el valle originado por el Graben de Querétaro, el cual se encuentra relleno de sedimentos aluviales y lacustres alternándose con flujos de lava andesítica y/o basáltica de espesor variable. Estos materiales están parcialmente saturados de agua y forman el acuífero del valle de Querétaro.

Para la elaboración del modelo geoelectrico se contó con la información de 79 pozos con corte litológico, cuya nomenclatura se homogeneizó; se reinterpretaron 52 sondeos eléctricos verticales mediante el programa de cómputo RESIX Plus v.2 Se estima el grado de validez del modelo propuesto mediante la resolución del problema directo utilizando el filtro digital lineal tipo Anderson. Se analizaron los cortes geoelectricos equivalentes y se eligieron aquellos que respondieran mejor a las condiciones geológicas imperantes en la zona basándose en la calibración de los modelos mediante los cortes geológicos cercanos.

ESTRUCTURA GEOELECTRICA DEL VALLE DE ZAACHILA, OAXACA MEDIANTE IMAGING (PROGRAMA CICEM34)

Belmonte-Jiménez S.¹⁻², Pérez-Flores M.A.³ y Campos-Enriquez J.O.²

¹ Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, IPN

E-mail: sbelmont@prodigy.net.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ CICESE

Se realizaron 8 secciones geológicas geofísicas, 5 con orientación preferencial E-W y las tres restantes con orientación N - S; en una primera etapa se analizaron los perfiles eléctricos partiendo en forma inicial de la interpretación cualitativa de los perfiles de isorresistividad aparente; posteriormente, al modelo geoeléctrico se le integró la información de los cortes litológicos de pozos, anexando, finalmente, la profundidad del nivel estático para diciembre de 1995.

El resultado del análisis de los cortes litológicos y de la interpretación de los sondeos, distribuidos en 8 secciones dio como resultado un modelo geoeléctrico en donde se identificaron 8 unidades, el rasgo principal es una alternancia de unidades de baja resistividad, con valores del orden de 1 a 19 ohm-m, con unidades de alta resistividad, 21 a 560 ohm-m. Las capas interpretadas se caracterizan por la variación en sus espesores, pero presentan una apreciable continuidad lateral y superficial.

Las capas de baja resistividad fueron asociadas a sedimentos vulcanolacustres, tobas, arcillas, gravas y basaltos sumamente alterados, los cuales pertenecen al medio poroso; mientras que las de alta resistividad se asociaron a coladas basalto andesíticas, las cuales conforman el medio fracturado.

Mediante una herramienta cualitativa, relacionada con la sumatoria de la resistencia transversal unitaria de las capas pertenecientes al medio poroso, se proponen 12 zonas preferentes para la explotación de agua subterránea, dicha herramienta se valida mediante la comparación del mapa de resistencia transversal con un mapa de Transmisividad hidráulica obtenido mediante la información de pruebas de bombeo para nueve pozos .

Se establecen como capas índice a las unidades pertenecientes al medio poroso, las cuales conforman la capa productora del acuífero.

No se pudo determinar, mediante la información recabada, una capa impermeable que actuara como basamento del acuífero, por lo que se concluye que ésta existirá a profundidades mayores a 500 metros. Para definir dicha profundidad, se recomienda realizar una campaña de exploración electromagnética específicamente en los sitios que se marcan como más favorables para la extracción de agua subterránea.

El valle de Zaachila se localiza al sur de la ciudad de Oaxaca de Juárez y es atravesado por el río Atoyac que recibe las aguas residuales de esta ciudad y zonas conurbadas. Es importante ya que de este valle se extrae agua subterránea a través de pozos tipo noria y semiprofundos (40 a 60 m), sin embargo no se conocen las características geohidrológicas ni geométricas que permitan tener elementos para el manejo del recurso hídrico.

Para estimar la estructura geoeléctrica se realizaron 5 perfiles en el Valle de Zaachila usando bobinas electromagnéticas EM-34 marca Geonics, con separaciones de 10, 20 y 40 m entre transmisor y receptor y frecuencias de 600, 1600 y 6400 hz respectivamente. El número de sondeos por cada perfil es variable.

Se aplicó una inversión de datos considerando una estructura del subsuelo en 2D, desarrollada por Pérez-Flores *et al.* (2001) que consiste en "despromediar" las medidas de conductividad aparente y obtener las conductividades de un conjunto de prismas que forman un semiespacio.

Los resultados preliminares indican la resolución del procesado para definir estratos geológicos asociados con la presencia de agua subterránea así como la definición de variaciones laterales de la resistividad. Se pudo interpretar que existen cuerpos arcillosos de geometría variable que causan que existan zonas con poca transmisibilidad, intercalados con arenas y gravas, caracterizándose las zonas con o sin posibilidades desde el punto de vista geohidrológico.

GEOH-19

DETERMINACIÓN DEL RIESGO A LA CONTAMINACIÓN DEL SISTEMA ACUÍFERO GRANULAR COSTERO DE GUASAVE, SINALOA A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO

Elenes-Contreras E.¹, Norzagaray-Campos M.¹, Herrera-Barrientos J.², Muñoz-Sevilla P.¹, Ladrón de Guevara M.¹, Capurro-Filigrasso L.³

¹ Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, IPN, Guasave, Sinaloa

E-mail: mnorzaga@ipn.mx

² CICESE

³ Cinvestav, Mérida

Un ambiente hidrogeológico es considerado como la representación compuesta de rasgos geológicos, topográficos y climatológicos que afectan y controlan el movimiento del agua subterránea. Ésta forma la base del sistema de evaluación de la vulnerabilidad determinada en este trabajo. Mediante ésta es posible hacer generalizaciones sobre la contaminación potencial del agua subterránea.

Aquí se dan a conocer los resultados de la vulnerabilidad del acuífero costero del valle de Guasave mediante la metodología DRASTIC llevada a un sistema de información geográfica (DRASTIC, D=profundidad del agua, R=recarga neta, A=medio acuífero, S=tipo de suelo, T=topografía, I=impacto de zona vadosa, C=conductividad hidráulica del acuífero). Tales parámetros se representan a través de mapas con información recopilada de la literatura, georreferenciándose para ser integrado a un Sistema de Información Geográfica, (SIG).

Con los índices DRASTIC y la carga contaminante se determina el riesgo a la contaminación del acuífero, generándose mapas que dan la pauta a seguir para un modelo de desarrollo sostenible o sustentable del acuífero del Valle de Guasave Sinaloa, México.

GEOH-20

COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE INVERSIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GEOHIDROLÓGICOS EN ACUÍFEROS CONFINADOS

Vázquez González Rogelio

Departamento de Geofísica Aplicada, CICESE

E-mail: rvazquez@cicese.mx

La simulación numérica del flujo de agua subterránea se usa extensivamente para estudiar los efectos de las decisiones de manejo en la conservación de la cantidad y calidad del agua en un acuífero. La confiabilidad de las predicciones que puedan obtenerse, mediante la modelación en computadora de un acuífero, dependerá de que tan bien el modelo representa las condiciones de campo. Los simuladores del flujo requieren, en todos los casos, la información sobre las propiedades físicas del sistema geohidrológico que se pretende estudiar, tales como la

conductividad hidráulica y el coeficiente de almacenamiento. La estimación de estas propiedades es el objetivo de la solución del problema inverso en geohidrología.

En este trabajo presento la comparación de los resultados obtenidos con dos métodos de inversión en la estimación de los parámetros geohidrológicos necesarios para construir simuladores numéricos del flujo de agua subterránea. Los métodos son diferentes respecto a su base teórica y tienen el objetivo común de calcular la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento, a partir de los datos del potencial hidráulico. El primero esta basado en la formulación de un sistema diferencial considerando múltiples condiciones de flujo en el acuífero. La solución del sistema diferencial se plantea como un problema de Cauchy. El otro método tiene como objetivo estimar los parámetros geohidrológicos del modelo discretizado de un acuífero confinado, cuando se utiliza un esquema conservativo en diferencias finitas. Esta basado en formular la relación entre las propiedades físicas del sistema geohidrológico y su respuesta a las condiciones de operación, como un sistema de ecuaciones lineales. Este método también requiere la utilización de múltiples condiciones de flujo. Se darán brevemente los antecedentes del desarrollo de cada método de inversión y una descripción de la teoría.

Se presentan los resultados obtenidos al aplicar los métodos de inversión a un mismo conjunto de datos, correspondiente al caso sintético de un acuífero confinado en flujo transitorio. Los datos necesarios para la aplicación de los métodos se generan mediante la solución del problema directo. Las diferentes condiciones de flujo serán inducidas, mediante arreglos de pozos de bombeo. Se analiza la estabilidad de las soluciones agregando a los datos del potencial funciones de error correlacionado y no-correlacionado. La comparación del desempeño de los métodos se realiza mediante la comparación de los errores en la estimación de los parámetros. Finalmente, se analizan las ventajas y desventajas de los métodos y se presentan las conclusiones del trabajo.

GEOH-21 CARTEL

PROBLEMÁTICA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR CONTAMINACIÓN SALOBRE EN EL ÁREA DE MAJOMA, MPIO. DE MAZAPIL, ZAC.

Rodney R. Alvarado-Cano¹, Marina Gaytán-Saucedo¹ y Jesús Nájera-Garza²

¹ Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado, GODEZAC

E-mail: alcano75@yahoo.com.mx

² Consultor Privado

La localidad de Majoma, Mpio. de Mazapil, Zac., se ubica hacia el norte de Zacatecas, a 155 km. de la capital del estado, dentro de la región semidesértica, donde en los últimos años se ha venido manifestando una fuerte sequía atípica, con precipitaciones pluviométricas que oscilan entre 133-234 mm³, por debajo del promedio histórico 327.6 mm³. Por lo que una de las soluciones para combatir este fenómeno natural, es la construcción de pozos profundos.

Otro problema que presenta la región, son las altas concentraciones de salinidad, por lo que se realizó un monitoreo de las principales fuentes de agua para obtener los parámetros de conductividad, los cuales, alcanzan límites que van de 1,640-7,470 $\mu\text{mhos/cm}$; por encima de la NOM-127-SSA1. Considerando que la mayoría de los pozos y norias monitoreados, no sobrepasan los 80 mts. de profundidad, se propone que esta contaminación salina, no es formacional, sino que proviene de los depósitos aluviales que se han acumulado durante el Pleistoceno y el Reciente. La concentración de sales en estos sedimentos, probablemente se origina como resultado de la rápida evaporación de los cuerpos de aguas someras, en lagos y lagunas, durante un periodo climático de elevadas temperaturas.

La región donde se encuentra la localidad de Majoma, es un gran sinclinal, entre las Sierras de Cerros del Aire y Sarteneja al SSW, y Sierra de Los Colgados al NNE, los cuales forman parte del conjunto de plegamientos laramídicos de la subprovincia de Sierras Transversas, de la Sierra Madre Oriental. Los sedimentos acumulados en este sinclinal, probablemente provienen de la erosión de las formaciones Caracol (Ksc) e Indidura (Ksi).

Se ha puesto gran interés en la problemática de la contaminación salina, ya en la región semidesértica del estado de Zacatecas, frecuentemente se atribuye este tipo de contaminación, a la presencia de evaporitas, como son sulfatos (SO_4^{+}), cloruros (Cl^-), dureza total (CaCO_3), Sodio (Na) y Potasio (K), en algunas formaciones calcáreas del Jurásico Medio; esto ha dado lugar a que se propongan zonas inadecuadas para la perforación de pozos profundos en las áreas que presentan este problema.

Aquí se propone que una solución muy viable para obtener agua de buena calidad, en la perforación de un pozo profundo, es monitorear los lodos de perforación durante la etapa exploratoria, para poder conocer los niveles de salinidad en toda su profundidad. Los resultados de conductividad que se obtengan, se deberán analizar con el corte litológico, para poder descifrar que formaciones son las que contienen los minerales salinos. La información se podrá corroborar con un registro eléctrico multiparámetros. Una vez que se tenga bien definido hasta que profundidad se localiza la contaminación, esta se deberá sellar con cemento y colocar tubería de contrapademe lisa, para evitar infiltraciones de agua contaminada al interior del pozo. Otra propuesta es llevar a cabo un tratamiento de calidad, como puede ser ósmosis inversa e intercambio iónico para asegurar su efectividad del agua.

GEOH-22 CARTEL

**HIDROGEOQUÍMICA DEL ACUÍFERO DE
TECAMACHALCO, PUEBLA**

Eloísa Domínguez-Mariani y Alejandro Carrillo-Chávez
Centro de Geociencias, Campus Juriquilla, UNAM, Querétaro
E-mail: eloisa@geociencias.unam.mx

Se estudió la hidrogeoquímica de la Primera Unidad del Distrito de Riego de Valsequillo (PUDRV), Puebla, regada tanto con agua subterránea (AS) como con agua residual (AR). El AR procede de la Presa Valsequillo. El acuífero local está constituido por una secuencia volcanoclástica terciaria de matriz calcárea, cuyos mecanismos de flujo están controlado por la disolución y fracturamiento del medio. Los objetivos a cumplir son:

1. Identificar los procesos hidrogeoquímicos en el acuífero local.
2. Establecer el modelo conceptual hidrogeoquímico.

El AR muestra alto contenido de microorganismos, grasas y aceites y DBO, además de Fe, Cr, Mn, Cd y Pb. El agua subterránea tiene contenido iónico cuatro veces mayor, predominando Ca^{2+} y HCO_3^- , denotando la influencia del material acuífero. Se obtuvo la especiación tanto del AS como del AR, mediante PHREEQC, que muestra que el AS está saturada en aragonita, calcita, dolomita, siderita, hidróxidos de hierro e hidroxiapatito; mientras que el AR muestra saturación en aragonita, calcita, dolomita, otavita, rodocrosita, hidróxidos de hierro y manganeso.

Conclusiones:

- i. Los procesos hidrogeoquímicos dominantes son: mezcla de AR con AS, disolución y precipitación, concentraciones altas de PCO_2 , aporte de Na^+ y SO_4^{2-} y adsorción de metales.
- ii. En el área de estudio se identificaron tres zonas con comportamiento hidrogeoquímico diferente, lo que implica diferentes grados de interacción entre el AS, el AR y el acuífero local.
- iii. La Zona Norte, ubicada fuera del PUDRV regada sólo con AS, tiene composición que se considera la de fondo, recarga mediante agua infiltrada hace más de 50 años. El proceso dominante es la disolución de carbonatos. Se muestra la influencia del AR en la cercanía del Canal Principal del Distrito.
- iv. La zona oriente de la PUDRV tiene influencia del AR, mostrada por el contenido de coliformes totales, fecales y estreptococos fecales; la recarga es mediante agua de edad reciente. La zona central muestra tanto la concentración original de acuífero local como la influencia del AR. Altas concentraciones de As se tienen en la parte central, mayores en el AS que en el AR, por lo se infiere que este elemento se encuentre de manera natural en el acuífero.

v. EL SE de la PUDRV no muestra la influencia de AR, las concentraciones de iones mayores e isotópicas tienen un carácter diferente al acuífero somero local, por lo que se asocian al acuífero regional constituido por calizas.

GEOH-23 CARTEL

**ANÁLISIS DEL EQUILIBRIO HIDROLÓGICO EN EL
ESTADO DE COLIMA**

Juan José Ramírez Ruiz, Manuel Selis y Julio Barreto Caro
Observatorio Volcanológico, Universidad de Colima
E-mail: ramirez@cgic.uco.mx

EL EQUILIBRIO HIDROLÓGICO EN EL ESTADO DE COLIMA SE PRESENTA CUANTIFICANDO LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO ESTATAL OBTENIDA PARA EL AÑO 2001. EL BALANCE HÍDRICO ESTABLECE QUE EN COLIMA SE TIENE UNA BUENA DISPONIBILIDAD DE AGUA QUE DEBE SER CONTROLADA POR UN SISTEMA DE MONITOREO DE NIVELES FREÁTICOS. LA PERMEABILIDAD DE LAS ROCAS ESTABLECE QUE EL BALANCE HIDROLÓGICO EN EL ESTADO DEPENDE DE LAS PRECIPITACIONES EN LA REGIÓN NORTE DONDE SE LOCALIZA EL COMPLEJO VOLCÁNICO DE COLIMA.

Sesión

Geología del Cuaternario

Viernes 8

SALA B

GC-01

FECHAMIENTOS DE SECUENCIAS CUATERNARIAS: ESTADO ACTUAL DE LOS MÉTODOS, LIMITACIONES, USO Y ABUSO

Peter Schaaf

Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: pschaaf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

El Cuaternario, los últimos 2 millones de años, constituye un periodo extremadamente importante en la historia de la Tierra. El conocimiento de los cambios climáticos y ecológicos y de los procesos de erosión, entre otros, durante esta época, es una clave para entender los procesos geológicos de la Tierra en los tiempos más antiguos. La respuesta a estos problemas depende casi siempre de la pregunta: ¿Qué tan preciso podemos reconstruir la cronología de dichos procesos? La geología de México tiene una enorme demanda para fechamientos de formaciones volcánicas y secuencias de sedimentos de lagos del Cuaternario - solo para mencionar dos aplicaciones importantes - y en las últimas dos décadas se ha realizado un gran avance en el aspecto metodológico de los diferentes métodos. Hoy existen más que 100 técnicas para fechar una gran diversidad de muestras. En esta contribución se discute la situación actual de tres métodos importantes: radiocarbono, K-Ar y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ y luminiscencia.

Sin duda, el método de radiocarbono es el más usado en la geocronología del Cuaternario, pero su aplicación esta restringida a muestras de pocos cientos de años hasta 25-30 ka. Existen problemas con la calibración de los datos y con la creciente presencia de radiocarbono antropógeno en la atmósfera. Otros problemas se generan durante el muestreo: frecuentemente el material orgánico para fechar está mezclado con carbón re trabajado, resultando en edades más antiguas. En México, solo un laboratorio esta procesando datos por este método con capacidades muy limitadas.

En los últimos diez años se han reportado grandes avances en la aplicación de los métodos isotópicos de K-Ar y de $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en rocas volcánicas y tefras cuaternarias con un limite inferior de ca. 10 ka. El éxito de los fechamientos por estos métodos depende de sumo grado de la selección y la pureza del material escogido para la datación, los cuales son principalmente sanidinos, micas, anfíboles y algunos vidrios volcánicos. Aunque en México existen laboratorios trabajando con estos métodos, hasta el momento no se han reportado resultados exitosos de secuencias más jóvenes que el Pleistoceno Inferior.

Otra herramienta constituyen los métodos basados en daños por radiación: luminiscencia estimulada térmicamente (TL) u ópticamente (OSL). Estas técnicas se han aplicado en muchos lugares del mundo con éxito en sedimentos de pocos cientos de años hasta ca. 800 ka. Recientemente se ha introducido una metodología novedosa (SAR; Single Aliquot Regeneration) que permite restringir la cantidad de cuarzos o feldespatos para el fechamiento a pocos miligramos. Sin

embargo, y a pesar de aplicaciones exitosas, todavía no existe una receta estandar para estos métodos, con los cuales está trabajando en México un solo laboratorio.

Todos estos métodos siempre dan un "número" de edad, pero a veces se trata de "números mágicos" sin significado geológico. Se presentan ejemplos de aplicaciones exitosas con los métodos discutidos en esta contribución y se presentan también ejemplos de resultados erróneos.

GC-02

INTERHEMISPHERIC LINKS IN THE VENTILATION OF NORTH PACIFIC INTERMEDIATE WATERS

J.C. Herguera, M. Kashgarian, T. Herbert and C. Charles

División de Oceanología, CICESE

E-mail: herguera@cicese.mx

Benthic foraminiferal $\delta^{13}\text{C}$ time series from intermediate waters in the North Pacific suggest two patterns of ventilation variability in this ocean during the last deglaciation. Upper intermediate waters -North Pacific Intermediate Water (NPIW)- changes coincide with the Bølling-Allerød and Younger Dryas climate oscillations observed in Greenland ice-cores and North Atlantic ocean sediments, while lower intermediate waters - Pacific Intermediate Waters (PIW)- run parallel to climate changes reconstructed from Antarctic and southern Ocean records. The dissimilar behavior between organic carbon records and $\delta^{13}\text{C}$ time series rule out productivity as the dominant mechanism behind the observed changes and stresses the importance of ocean circulation as the main control of the carbon isotopic composition of dissolved SCO_2 in the NPIW and PIW bathing these depths. This finding supports a shallow propagation of circulation changes between the North Atlantic and upper intermediate waters in the North Pacific, the present realm of NPIW as the forcing behind them. In contrast ventilation variability of PIW below them appear to run parallel to changes in heat transport to the Southern Ocean showing an antiphased response with the North Atlantic records, an expression of the North Atlantic Deep Water cooling of the southern hemisphere (Crowley, 1992), or meridional North Atlantic's heat piracy (Berger and Wefer, 1996).

GC-03

DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS EN LA BAHÍA DE LA PAZ, MÉXICO Y SU RELACIÓN CON LA DINÁMICA OCEÁNICA

Cuesta-Castillo Lara Bárbara, Machain-Castillo Ma. Luisa y
Monreal-Gómez Adela

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

E-mail: cuesta@icmyl.unam.mx

Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

En la Bahía de la Paz, se analizaron muestras de sedimento superficial para determinar las características y patrones de abundancia y distribución de las poblaciones de foraminíferos planctónicos, con el fin de asociar la influencia de la circulación oceánica sobre dichos patrones.

De acuerdo a la abundancia y distribución de sus testas, se encontró que las especies con mayor abundancia son: Globigerina bulloides, Globigerinita glutinata, Neoglobobulimina pachyderma y Globigerinoides ruber.

La asociación de estas especies, es similar a la encontrada en el Golfo de California, con elementos de la Corriente Contraecuatorial y de la Corriente de California.

Las abundancias más elevadas de organismos tienden a distribuirse en la periferia de zonas donde se generan giros ciclónicos, por lo que es posible utilizar las tanatocenosis como indicadores de la dinámica oceánica.

GC-04

EVIDENCIAS MICROPALAEONTOLÓGICAS DE CAMBIOS EN EL PATRÓN DE SURGENCIAS DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC, MÉXICO

Arellano-Torres E.¹, M.L. Machain-Castillo¹, B. Kepple² y B. Thunell²

¹ ICMYL, UNAM

E-mail: arellano@icmyl.unam.mx

² Department of Geologic Science, University of South Carolina

La distribución estratigráfica de los foraminíferos planctónicos en un núcleo sedimentario colectado en el Golfo de Tehuantepec indica cambios en el patrón de circulación superficial y de surgencias durante los últimos 20,000 años.

Durante el Pleistoceno tardío, la asociación predominante de Globobulimina menardii y Neoglobobulimina dutertrei indica la presencia de aguas cálidas y estratificadas. Hacia 11,500 años, en el período de la deglaciación, se encuentra una mezcla de esta fauna con la típica del Holoceno. En el Holoceno la asociación de foraminíferos planctónicos es escasa y se encuentra representada por Globigerinita glutinata, Globigerina bulloides y Globigerinoides ruber, las cuales indican condiciones de columna de agua mezclada y surgencias. Desde hace aproximadamente 5,000 se presenta un período de intensificación de surgencias en la zona, con la virtual desaparición de las faunas de aguas cálidas hasta el Reciente.

El cambio de las faunas de foraminíferos planctónicos refleja la intensidad y posición de las surgencias. En la época actual, las surgencias en el Golfo de Tehuantepec están influenciadas por el paso de los vientos a través del Istmo de Tehuantepec. El sitio de colecta se encuentra al occidente del eje de la surgencia, donde se forma un giro anticiclónico que puede ser el responsable de la baja acumulación de organismos encontrados. Es probable que la localización de este giro y del eje de las surgencias durante el Pleistoceno fueran diferentes, por lo cual la asociación de foraminíferos planctónicos no refleja la presencia de la surgencia. El hecho que durante el Pleistoceno no se reflejen en el sedimento no necesariamente indica la desaparición de la surgencia durante este tiempo.

GC-05

VARIACIONES DE LA ZONA DE OXÍGENO MÍNIMO DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC DURANTE EL CUATERNARIO TARDÍO: EVIDENCIAS MICROPALAEONTOLÓGICAS

Machain-Castillo Ma. Luisa y Arellano-Torres Elsa

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

E-mail: machain@mar.icmyl.unam.mx

Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

El Golfo de Tehuantepec presenta una zona de oxígeno mínimo con concentraciones menores a 0.5mL/L a profundidades entre 100 y 1000m. Bajo estas condiciones, la fauna de foraminíferos bentónicos presenta adaptaciones particulares que permiten el reconocimiento de agua de fondo con baja concentración de oxígeno disuelto.

La distribución estratigráfica de los foraminíferos bentónicos en dos núcleos recolectados en la zona de oxígeno mínimo del Golfo de Tehuantepec, indica variaciones en la concentración de oxígeno disuelto en el agua de fondo. Durante el Pleistoceno la fauna está dominada por los géneros Epistominella y Gyroidina, que indican agua de fondo relativamente oxigenada. A finales del Pleistoceno y durante el Holoceno temprano, esta fauna es reemplazada paulatinamente por especies características de condiciones disoxicas (Bolivina spp), las cuales se vuelven cada vez mas dominantes hacia el reciente.

La sucesión estratigráfica de los foraminíferos bentónicos indica un progresivo empobrecimiento de las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua de fondo, probablemente relacionado con el fortalecimiento de las surgencias indicado por las asociaciones de foraminíferos planctónicos.

GC-06

EVOLUCIÓN PALEOCEANOGRÁFICA DE AGUA RECLADA EN LA REGIÓN DE NAZCA, PACÍFICO SUDORIENTAL, DURANTE EL PLEISTOCENO TARDÍO

Molina-Cruz A.¹ y Herguera J.C.²

¹ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

E-mail: amolina@icmyl.unam.mx

² División de Oceanología, CICESE

La distribución de conjuntos de radiolarios en los sedimentos superficiales del Pacífico Suroriental refleja la advección que la Corriente de Chile efectúa occidentalmente hacia afuera de la costa, así como su mezcla con el Agua Subtropical. Este proceso se presenta a lo largo de la porción oriental de la Cordillera Nazca (~20°S), desbaratando la Convergencia Subtropical y dejando agua reclada cerca de la costa. Fluctuaciones glacio-interglaciales de esta circulación oceánica, ocurridas durante el Pleistoceno Tardío, son reconstruidas mediante conjuntos de radiolarios presentes en el núcleo H96-Tg7. (17°14.04'S, 78°06.16'W) Los episodios glaciares exhiben una circulación oceánica más intensa que los

estadios interglaciares. IncurSIONES extremas hacia el sur del Agua Subtropical ocurrieron durante los Estadios Isotópicos Marinos 11, 5 y 1, sugiriendo que condiciones climáticas extremadamente calientes ocurren episódicamente.

Palabras clave: Corriente de Chile, Pacífico Suroriental, Radiolaria, episodios glacio-interglaciares.

GC-07

LA EVOLUCIÓN DE LOS LAGOS EN MÉXICO COMO RESULTADO DE LA INTERACCIÓN CLIMÁTICA, ANTROPOGÉNICA Y GEOLÓGICA

Gloria Vilaclara¹ e Isabel Israde²

¹ Facultad de Estudios Superiores, Iztacala, UNAM

E-mail: gloria@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH

La distribución del agua epicontinental en México es muy desigual, producto de diversos factores: Primero, la diversificación climática del país es considerable, por su ubicación entre las latitudes 32.4° y 14.3°N, y porque una parte importante del territorio -conocido como altiplano central- presenta alturas por encima de los 1000 m.s.n.m., lo cual atempera los climas tropicales; a ello se suma el cambio climático, que apunta hacia una mayor aridez en la zona centro y norte del país, y a un incremento de la precipitación en el ya de por sí húmedo sureste. Segundo, el crecimiento poblacional es todavía elevado y la distribución de habitantes también es heterogénea; en y alrededor de la provincia de la Faja Volcánica se concentra más del 50% de la población mexicana. Ambos factores hacen que la disponibilidad de agua por habitante sea muy alta en el sureste, e inferior al valor de escasez aceptado internacionalmente -de 1,700 m³/ habitante/ año- en la zona centro y norte del país. La presión que ejerce esta desigual distribución del recurso acuático y de la población está alterando significativamente la evolución de los lagos en las zonas de mayor demanda. A ello ha de sumarse un tercer factor, la actividad geológica de una parte importante del territorio, que implica la existencia de cuencas lacustres afectadas por movimientos tectónicos y actividad volcánica que modifican, incluso súbitamente, la evolución lacustre; por tal motivo, los lagos mexicanos a menudo no siguen el modelo de evolución comúnmente aceptado para zonas templadas ubicadas en cuencas estables, que asocia el paulatino azolve del cuerpo de agua con un aumento en el trofismo y la muerte final del lago.

Se presenta una clasificación simplificada de los lagos mexicanos según la naturaleza geológica de la cuenca y se demuestra que la historia de vida de varios de ellos puede resultar muy diferente a la predicha por el modelo tradicional de evolución lacustre, resultado de una combinación variada de los factores arriba mencionados.

GC-08

LA MODIFICACIÓN DEL ECOSISTEMA EN EL PALEOLAGO PLEISTOCÉNICO DE LA PRIMAVERA COMO CONSECUENCIA DE SU EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

Roberto Maciel Flores y Jose Rosas Elguera

Universidad de Guadalajara

E-mail: ramaciell@megared.net.mx

Se presenta avances de un estudio paleo-ecológico realizado en La Sierra de la Primavera (SLP), ubicado, en la porción occidental-central de México, dentro de la provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Mexicana. Este sitio se ubica en la intersección de zonas bióticas importantes como son: el corredor formado por el Río Grande de Santiago y la Sierra Madre Occidental que finalmente provoca la confluencia de los reinos Neártico y Neotropical.

La SLP tiene una extensión aproximada de 200 km², incluye domos riolíticos, flujos y depósitos de ceniza, formados entre los 123,000 y 25,000 años, de estas unidades la más antigua corresponden con domos riolíticos y flujos encontrados en los bordes noroeste y sur de la sierra. Hace aproximadamente 95,000 años un flujo de ceniza, nombrado "Toba Tala" ó Ignimbrita de Río Caliente, fue eruptada de la parte central de este complejo volcánico y cubrió casi 700 km² con 20 km³ de magma. Esta erupción genera el colapso de este complejo (hace 95,000 años) y formó una caldera de 11 km de diámetro, dentro de la cual se formó un lago, iniciando un proceso de sedimentación en su base. Posteriormente se sucedieron otros eventos volcánicos, surgiendo diferentes domos que cubrieron la expresión superficial de esta caldera, quedando solo una depresión conocida como "El Bajío" que es parte de esta caldera y límite del paleolago Pleistocénico.

El paleoambiente formado durante la formación del lago es un problema de interpretación que se complica cuando se investiga sobre las condiciones pretéritas. En los estados finales de la evolución de la SLP se desarrolló un lago cuyas características físicas, químicas y, consecuentemente, ambientales se desconocen y seguramente hubo un ecosistema diferente al actual.

Los lagos guardan un registro sistemático y detallado de su evolución. Este registro se queda grabado de manera diferente. Como lo es el caso de las diatomeas como indicadoras de ambientes. El paleo-lago desarrollado en la SLP puede ser un excelente caso de estudio donde documentar la manera en que la evolución geológica de una estructura (caldera) impacta en las condiciones tanto locales (en el lago) como externas, nuevos patrones de drenaje por ejemplo.

Poco se conoce de los vasos lacustres en el occidente de México. El estudio del paleolago de la Primavera puede indicarnos condiciones climáticas. La vegetación, microorganismos y fauna pueden permitir reconstruir parte de

su historia, en ello radica la importancia de este proyecto de investigación. Asimismo se experimentara con otros métodos aplicados a la solución de este problema (e.g. paleomagnetico)

Los cambios asociados con la evolución geológica de la SLP contribuyeron a la modificación de: Pendientes, Ciclo hidrológico, Tipo de suelo y Movimiento de masas los cuales incidieron en el microclima, que condicionan la supervivencia o modificación del ecosistema de la localidad.

Los actuales estudios no fueron hechos con un objetivo ambiental, por lo que existen ciertas preguntas, relacionadas con la actividad de deformación que levanto la base del lago, cerca de 200m, y que no se ha definido si continua o no, así como la velocidad de esta y sus eventos.

El objetivo general de este proyecto es reconstruir las condiciones ambientales del paleolago de la SLP. Se plantea delimitar que superficie ocupó el lago dentro de la caldera de la Primavera; Elaborar un mapa detallado del paleolago; columnas estratigráficas; Definir, a través de fósiles índice, las condiciones ambientales que existieron en la localidad durante el pleistoceno tardío; Sintetizar los resultados en un modelo geológico-ecológico y estudiar las características del ecosistema presente.

GC-09

PROCESOS GEOLOGICOS CUATERNARIOS EN LAGOS DEL CINTURÓN VOLCÁNICO MEXICANO: CASO, EL LAGO DE PATZCUARO, MICHOACÁN, MÉXICO

Israde-Alcantara Isabel y Garduño-Monroy V.H.
 Depto. de Geología y Mineralogía, UMSNH, IIM
 E-mail: aistrade@zeus.umich.mx

El lago de Pátzcuaro ha sido centro de atención para estudios paleoambientales y de ocupación humana ya que al parecer el registro se ha mantenido relativamente continuo.

Variaciones en los niveles lacustres se han asociado mas a episodios antrópicos o climáticos (cambios en la precipitación y evaporación) sin embargo estudios detallados de cartografía geológica, paleolimnología y geofísica aunados con los registros históricos, indican que este lago ha experimentado al menos tres procesos geológicos drásticos que alteraron la morfología de la cuenca y modificaron las tasas de sedimentación lacustre a escala de milenios a través del Pleistoceno-Holoceno.

Los primeros procesos identificados fueron los levantamientos de mas de 30 metros de la secuencia lacustre que conforman las unidades mas antiguas hasta ahora encontradas en el lago de Patzcuaro y que seguramente son posteriores a 50,000 años A.P. Este levantamiento producto de una intrusión asociada al magmatismo del volcán La Tasa fechada en 8,000 años.

Sobre los depósitos lacustres descansa una avalancha que colapsa parte del volcán El Estribo, generada por un evento sísmico que produjo evidente deformación en las secuencias sedimentarias del Pleistoceno-Holoceno en el interior del lago.

Registros históricos de sismicidad que datan de 1845 y 1858 indican que esta región experimentó eventos donde las intensidades de las isosistas llegaron a ser estimadas en VIII en la escala de Mercalli modificada. Un incremento del tirante de agua de mas de dos metros durante el evento de 1858 generó el colapsamiento de casas de adobe de la rivera sur del lago.

Después de 1943, año del nacimiento del volcán Parícutín el lago inició la regresión actual, dejando ver en las zonas ocupadas por el lago anteriormente linderos de propiedades que evidencian la presencia de una regresión anterior.

Estudios de paleosismología, neotectónica y paleoambientales están en proceso, y permitirán comprender la historia espacial y temporal de los eventos mencionados y redefinir los métodos de estudio de la historia paleoambiental de los lagos del Cinturón Volcánico Mexicano en donde generalmente se desarrollaron algunas de las principales culturas de Mesoamérica.

GC-10

HISTORIA AMBIENTAL DE LA CUENCA DE ZACAPU: LOS ULTIMOS 52,000 AÑOS

Susana Sosa-Nájera¹, Socorro Lozano-García¹ y Beatriz Ortega-Guerrero²

¹ Instituto de Geología, UNAM
 E-mail: susosa@servidor.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

Se presentan los resultados del análisis palinológico, propiedades magnéticas y carbón orgánico total (TOC) de una secuencia de 10.9 m perforada en la cuenca de Zacapu, Michoacán.

La cronología de la secuencia se estableció con base en 9 fechas de radiocarbono y de acuerdo con estas los sedimentos estudiados abarcan los últimos ca. 52,000 años. La columna estratigráfica está compuesta por limos y abundantes cenizas volcánicas, evidenciando la actividad volcánica como un factor primordial en la sedimentación de la cuenca.

Hay evidencias de condiciones húmedas de 52,000 a 39,000 años, la cobertura de la vegetación alcanza sus valores máximos. Un posible hiatus se registra antes de los 25,000 años; posteriormente se registran condiciones relativamente secas, las cuales persisten a través del último máximo glacial y el Holoceno medio hasta los 4,800 años. Las observaciones anteriores en las cercanías del lago de Pátzcuaro contrastan con los resultados obtenidos en los que se observan fases de lago poco profundo así como un decremento en la precipitación entre 34000 y 21,000 años AP.

Estos resultados son comparados con los previamente obtenidos en el centro de México.

GC-11

PALEOECOLOGÍA DE LA CUENCA DEL ALTO LERMA, CENTRO DE MEXICO

Lozano-García Socorro¹, Sosa-Najera Susana¹, Caballero

Margarita², Ortega B.² y Sugiyama Yoko³

¹ Instituto de Geología, UNAM

E-mail: mslozano@servidor.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

Se presenta el registro ambiental de los últimos 22,000 años analizando los sedimentos lacustres de un núcleo (9.54 m) proveniente de la cuenca del Alto Lerma, centro de México (2570 m de altitud). Existen tres lagos conectados por el río Lerma en el área y la perforación del núcleo fue realizada en el lago Chignahuapan. La edad de la secuencia estratigráfica está basada en siete fechas de 14C y dos cenizas volcánicas bien definidas: la TCT (tefra Tres Cruces) con una edad de ca. 8500 años 14C aP y la UTP (Pómez Toluca Superior) de ca. 11,600 años 14C aP.

El análisis palinológico realizado, muestra para el Pleistoceno tardío ambientes fríos y posiblemente secos. Este periodo se caracteriza por bosques abiertos de pino, encino y *Alnus* con abundante vegetación herbácea compuesta principalmente de pastos y compuestas. Los datos paleolimnológicos indican la existencia de un lago de agua dulce con variabilidad en sus niveles lacustres. Periodos de mayor arrastre de sedimentos (19,000-16,000 años aP) que se asocian a una línea arbolada más baja con vegetación abierta.

Los bosques de pino y encino se expanden durante el Holoceno. El bosque de oyamel está presente de manera continua y la reducción del conjunto de plantas herbáceas es importante en este periodo. El lago presenta fluctuaciones y se infieren tres periodos de aridez con reducción en el nivel lacustre: ca. 8000, ca. 4500 y de ca.2000 a 800 años 14C aP.

Los estudios arqueológicos realizados en la zona indican un periodo largo de ocupación humana (los últimos 3500 años). En los sedimentos correspondientes al Holoceno tardío, se recupero polen de Maíz y Teocinte. El último periodo de aridez de 450 AD a 900 se correlaciona con la construcción de islotes en el lago, mientras que hay evidencia de abandono de éstos cuando el nivel lacustre se recupera.

GC-12

CAMBIOS CLIMÁTICOS Y AMBIENTALES DURANTE EL HOLOCENO TARDÍO EN EL ESTE DE MÉXICO: EL REGISTRO DE LAGUNA VERDE, TUXTLAS, VERACRUZ

Caballero Margarita¹, Rodríguez Alejandro¹, Ortega Beatriz¹, Gabriela Vazquez², Vilaclara Gloria³ y Socorro Lozano⁴

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: maga@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Instituto de Ecología, A.C.

³ Facultad de Estudios Superiores, Iztacala, UNAM

⁴ Instituto de Geología, UNAM

El análisis de sedimentos de un núcleo de 6 m de longitud recuperado de la zona central (3.5 m de profundidad) del maars Laguna Verde, en las inmediaciones del volcán San Martín, Tuxtla, Veracruz (18°36'43"N, 95°20'52"W) aportan datos sobre la evolución climática y ambiental de esta zona durante el Holoceno tardío.

Fechaamientos de 14C indican que el núcleo cubre aproximadamente los últimos 2,500 años (ca. 1450 AC), lo que abre la posibilidad de correlacionar eventos ambientales con el registro arqueológico e histórico de la zona. En la secuencia estratigráfica se identifica la presencia de cuatro eventos volcánicos (tefras) durante los últimos ca. 1,500 años, pero no se detectan los eventos históricos recientes del Volcán San Martín (1664 y 1793). Tefras más antiguas se encuentran hacia base del núcleo.

Los resultados preliminares indican que el maar experimentó cambios importantes durante los últimos 2,500 años. De manera importante destaca un periodo de disminución del nivel lacustre, para el que se infiere la presencia de un lago muy somero (<2m), posiblemente intermitente, indicativo de condiciones de sequía en la región. La resolución cronológica del registro es baja (se está en espera de mas fechaamientos), pero extrapolación de las fechas disponibles indica que esta fase de sequía ocurrió posiblemente entre los años 400 AC a 500 DC. Estas fechas correlacionan, de manera importante, con periodos de sequía detectados en otras zonas culturales como Yucatán (ca. 250 – 900 AD) y el Centro de México (ca. 200 AC – 1000 DC), que sugieren que el desarrollo de las culturas clásicas (Maya y Teotihuacana) surgió dentro de un contexto de clima relativamente seco.

Durante los últimos ca. 1,000 años se detectan dos fase de nivel lacustre alto, la última de las cuales es seguida por un aumento en la susceptibilidad magnética y densidad del sedimento, lo que indica un incremento considerable en el aporte de sedimentos a la cuenca durante los últimos ca. 200 años, posiblemente relacionado con impacto humano.

Lago Verde es actualmente un lago somero (ca. 4m), de agua cálida (23°-33°C), levemente alcalina (pH = 8), con régimen térmico de mezcla en enero (nortes) y estratificación débil en mayo y noviembre. La mineralización es baja (0.2 mS/cm), dominada por HCO₃⁻ > Cl⁻, Mg⁺⁺ > Na⁺ > Ca⁺⁺, y los

nutrientes son elevados ($N \approx 50\mu M$, P reactivo $\approx 15\mu M$). Estas condiciones han prevalecido solamente por algunas décadas (ca. 50 años?), durante las cuales el aporte de sedimentos al lago ha disminuido.

Estudios de polen y mayor detalle en el control cronológico permitirán una interpretación mas detallada sobre la naturaleza y extensión de la fase de sequía detectada y su posible correlación con el desarrollo cultural de la zona sí como sobre el impacto humano reciente en la zona.

GC-13

TEPETATES Y PALEOSUELOS DEL GLACIS DE BUENAVISTA, MOR.: EVIDENCIAS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL LÍMITE DEL PLEISTOCENO-HOLOCENO

Solleiro E.¹, Sedov S.¹, Macías J.L.², Flores D.¹ y Gama J.¹

¹ Instituto de Geología

E-mail: solleiro@geol-sun.igeolcu.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

Los tepetates, capas endurecidas parcial o totalmente cementadas por sílice, arcillas, óxidos de hierro o $CaCO_3$, son comunes en las zonas volcánicas del centro de México. En un número grande de localidades, se les ha encontrado asociadas a paleosuelos y presentan rasgos que evidencian procesos pedogenéticos. El objetivo de la presente investigación es determinar las propiedades de tepetates ubicados en el Glacis de Buenavista, Morelos, así como de los paleosuelos relacionados, con el fin de entender las condiciones paleoclimáticas y procesos que influyeron en su formación. Los tepetates estudiados (7 capas diferentes) se localizan a 1800 m de altitud, en la sección Ahuatenco, sobreyacidos por una secuencia de Luvisoles complejos y poligenéticos. Los tepetates presentan una mezcla de material volcanogénico retrabajado, fragmentos de suelos erosionados, restos de carbón, los cuales fueron movilizados por diferentes cantidades de agua, definiéndose como lahares, mostrando, además, rasgos asociados a la pedogénesis (intemperismo, cutanes de arcilla formados in situ, rasgos reductomórficos, fitolitos). Entre las capas de tepetates se encuentra un paleosuelo (Gleysol). A altitudes mayores (2000 m), los tepetates no poseen las mismas características, ya que no se presentan en capas, sino como materiales parentales de Luvisoles. En el mismo nivel estratigráfico que el Gleysol, se encuentra un Albiluvisol, el cual ha sido fechado en 12,140 años A.P. Sobreyaciendo a este último, existe una secuencia de tres paleosuelos más, derivados de cenizas volcánicas, pero en donde no se presentan tepetates.

Es claro que la formación de tepetates, en esta localidad, es privativa del Pleistoceno Superior, como resultado de la interacción de actividad volcánica intermitente y condiciones climáticas en las que se presentaron fuertes tormentas, que permitieron la formación de lahares y flujos de lodo. Se considera que las condiciones climáticas reinantes durante el

Holoceno fueron marcadamente diferentes, ya que sí hubo volcanismo, pero no fue acompañado por tormentas. Así, los materiales volcánicos fueron expuestos a una pedogénesis de mayor duración bajo condiciones cálido-húmedas, que dieron como resultado la formación de Luvisoles. Se concluye, que la presencia de los tepetates son signos de cambios climáticos en el límite del Plesitoceno-Holoceno.

GC-14

EL CLIMA, EL AMBIENTE Y LOS RECURSOS FAUNÍSTICOS DE LAS PRADERAS MEXICANAS DEL PLEISTOCENO TARDÍO

Eileen Johnson¹, Joaquín Arroyo-Cabral² y Oscar J. Polaco²

¹ Museum of Texas Tech University, Lubbock, TX.

E-mail: arromatu@prodigy.net.mx

² Laboratorio de Arqueozoología "M. en C. Ticul Álvarez Solórzano", Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico, Instituto Nacional de Antropología e Historia

Durante el Wisconsiniano Tardío (ca. 25, 000 a 11, 000 años A.P.), la extensión de las praderas norteamericanas fue desde el centro de Canadá hasta el centro de México. Las praderas mexicanas formaron un corredor desde el norte del país hasta la Cuenca de México, dicho corredor estaba limitado por las montañas de la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental, respectivamente. En general, el régimen climático en esta enorme extensión de terreno fue muy frío y con abundante precipitación, la cual caía en diferente temporada a la actual. El clima se mantuvo así hasta cerca de los 18, 000 años A.P., posteriormente y hasta finales del Wisconsiniano en la Cuenca de México el clima fue frío y seco mientras que en el norte de México fue frío y húmedo. Dentro de este amplio periodo ocurrieron muchas fluctuaciones y el equilibrio de las praderas y los bosques regionales fueron afectados por la precipitación, el fuego y la actividad volcánica. En el área se encuentran extensos cuerpos de agua, en particular lagos, pantanos y playas. Típicas manadas de herbívoros ranchoabreanos (mamut, bisonte, caballo, camello) se encuentran a través de toda la pradera acompañados de grandes carnívoros (león del pleistoceno, tigre dientes de sable, oso de cara corta, lince). Diferentes géneros de venados y perezosos terrestres habitaron en las laderas de las colinas junto con el oso negro y posiblemente el mastodonte. Varias especies de distribución restringida en la región o que coexistieron con ciertas especies, indican que durante el Pleistoceno Tardío las condiciones climáticas y ambientales fueron diferentes de las actuales. Este ecosistema de pradera, dominante dentro de la región, y sus recursos proporcionó un ambiente que los primeros pobladores americanos conocieron y usaron hasta el fin del Pleistoceno.

GC-15

ROCK-MAGNETIC STUDY OF ARCHAEOLOGICAL SOILS IN LA CAMPANA, COLIMA, WESTERN MESOAMERICA

H. Lopez Loera¹, J. Urrutia-Fucugauchi² and A.M. Soler Arechalde²

¹ Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, CONACyT

E-mail: juf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

Initial results of a rock-magnetic study of the sediments in the archaeological site of La Campana, western Mesoamerica are reported. La Campana is located in the northern suburbs of the city of Colima over a terrain characterized by volcanic debris avalanche deposits. Our study area of about 12,600 m² is divided into two sections corresponding to the main archaeological site and to potential extensions north of it. We report results of soil magnetism on 6 vertical profiles in the archaeological excavations, and from a grid of surface sampling in the unexcavated northern area. In the main sector, excavations have uncovered three large structures made mainly of rounded volcanic boulders and built over large platforms. Southern structure consists of a pyramid (25x25 m at its base) and an adjacent structure (at least 30x15 m). Central structure is a pyramid (20x20 m) with stair-like side accesses. Northern structure is a large complex extending over an area at least 40x30 m. In the sector of the open plaza, a magnetic survey using the vertical gradient method reveals an elongated shallow linear feature, which corresponds to a channel network constructed with flat volcanic slabs. Inverted conical openings that ended in a small well are connected to the channel network, which was apparently designed to collect water from rain and distribute it to the surrounding. Rock-magnetic data provide information on landscape change and susceptibility enhancement in archaeological soils. Archaeological remains extend over an area, considerably larger than that excavated in the archaeological survey, which is manifested in susceptibility enhancement in the top soils. The characteristics and size of the pyramidal structures, the plazas and channel network and the apparent overall extension of the archaeological site strongly suggests that La Campana constituted a major urban and ceremonial center in westernmost Mesoamerica.

GC-16

APLICACIONES DE PARÁMETROS DE MAGNETISMO DE ROCAS PARA LA RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL Y PALEOCLIMÁTICA EN LOS SEDIMENTOS DEL LAGO SANTA MA. DEL ORO, NAY.

Gabriel Vázquez Castro y Beatriz Ortega Guerrero
Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: gvazquez@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

Facultad de Ingeniería, UNAM

Durante el Cuaternario han existido cambios paleoambientales considerables a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT). En los últimos años ha tomado gran

relevancia el estudio de estos, debido a que se pueden plantear modelos de cambio climático de acuerdo a las variaciones registradas en los últimos miles de años, así como la observación del impacto producido por efectos antrópicos, siendo estos de gran importancia para el desarrollo de las grandes civilizaciones.

El presente trabajo se enfoca a la parte oeste de la FVT, en el lago Santa María del Oro y forma parte de un proyecto de estudio de variaciones climáticas durante el Cuaternario, a lo largo de la misma. El lago se localiza a los 21.3°N y 104.5°W, cuenta con un diámetro de ~2 Km y una profundidad máxima de 65 m. El objetivo principal es estudiar los sedimentos desde el punto de vista de propiedades magnéticas y físicas e interpretarlas en términos de variaciones climáticas y/o ambientales, para el último periodo glacial/interglacial (últimos 18,000 años), en conjunto con estudios de geoquímica, polen, diatomeas y ostrácodos, ya que según investigaciones recientes se ha demostrado su alta eficacia en reconstrucciones paleoambientales.

Se perforaron cuatro núcleos en distintos sitios de la parte occidental del lago con una profundidad máxima de 9 m, a un tirante de agua de ~12 m, estos presentan una buena correlación lateral; sus sedimentos se encuentran laminados con espesores variables desde 3 cm hasta algunos milímetros, presentan intercalaciones de arenas y limos de diferentes tonalidades (negro, pardo, ocre y rojo); de los estudios de susceptibilidad magnética en los núcleos se puede observar grandes diferencias en la concentración de minerales magnéticos a lo largo de la columna y además con base en esta se ha podido establecer una mejor correlación entre los distintos núcleos; los datos iniciales de susceptibilidad vs. temperatura indican que la fase magnética primordial en estos es la magnetita, aunque se ha registrado que los horizontes de color ocre (con contenido de CaCO₃), presentan un incremento en la susceptibilidad entre los 370-480°C, y disminuyen cercanos a la susceptibilidad de la magnetita (en un segundo calentamiento se comprobó su transformación a magnetita), comportamiento que posiblemente refleja siderita (por su contenido de carbonatos). Para la segunda etapa de este proyecto se determinará la susceptibilidad magnética en muestras individuales, la magnetización remanente anhistéica e isothermal, ciclos de histéresis y análisis sedimentológicos como granulometría y petrografía, a modo de determinar la concentración, tipo de minerales, así como la distribución del tamaño de granos magnéticos, con el fin de realizar una caracterización de la historia de los cambios ambientales de toda la secuencia, en términos de procesos geológicos como son el intemperismo y la erosión.

De acuerdo a estos resultados preliminares, se ha podido determinar una alta variación en la concentración de minerales magnéticos en la secuencia, así como una gran complejidad para la interpretación de variaciones climáticas, debido a la fina laminación existente en la misma, aunado a esto se tiene la limitante de la baja proporción existente de muestra.

GC-17

**EVIDENCIA DE CAMBIO CLIMÁTICO-AMBIENTAL
RECIENTE EN LA MESA CENTRAL, ZACATECAS:
GEOMORFOLOGÍA, ESTRATIGRAFÍA DEL CUATERNARIO
Y MAGNETISMO DE ROCAS**

Blanca E. Mata González¹, Roberto S. Molina Garza¹,
Christopher T. Fisher², Michelle Elliott³ y Ben A. Nelson³

¹ Centro de Geociencias, Campus Juriquilla, UNAM, Querétaro,
México

E-mail: rmolina@geociencias.unam.mx

² Department of Anthropology, Kent State University, Kent, Ohio

³ Department of Anthropology, Arizona State University, Tempe,
Arizona

Se reportan resultados preliminares de un estudio geomorfológico y de magnetismo ambiental cerca del sitio arqueológico La Quemada (500-900 DC), en el Valle de Malpaso, al sur de Zacatecas. El valle está caracterizado por depósitos aluviales Mioceno-Cuaternarios disectados por el Río Malpaso, tributario del Río Juchipila de la cuenca del Río Santiago. Incisión en el cauce actual del río y trincheras excavadas en la planicie de inundación demuestran que ésta contiene al menos tres terrazas del Holoceno tardío y dos paleosuelos con vestigios culturales. La terraza más joven (Qt0) contiene restos de carbono que fueron fechados en 250 (± 40) y 590 (± 40) años antes del presente (AP). La terraza más antigua (Qt2) contiene depósitos de cerámica colonial a una profundidad de ~60 cm, y por debajo de ellos existen dos paleosuelos de los cuales se desconoce la edad. Estas relaciones sugieren que el paisaje fue fuertemente modificado por las prácticas de uso de suelo durante la época colonial (post-1550 DC), con repetidos ciclos de incisión y depósito. Es posible que la inestabilidad de la planicie de inundación esté asociada a deforestación durante el desarrollo de las minas de la ciudad de Zacatecas, o al efecto de rompimiento de bordos de riego durante grandes avenidas como las ocurridas en el verano de 2002. La terraza Qt2 contiene también restos culturales prehispánicos. Parámetros magnéticos (susceptibilidad, ARM, IRM e histéresis) de un total de 90 muestras en superficie y en perfiles de las terrazas fueron analizados con el objeto de caracterizar de manera general intervalos de depósito-erosión-estabilidad en la planicie de inundación así como la fuente de materiales y uso de suelos durante la época prehispánica. Gráficas de ARM vs. k (susceptibilidad) fueron la herramienta principal en un esfuerzo inicial de reconocimiento. Muestras de la superficie y perfiles de las terrazas están distribuidas en un arreglo lineal de menor pendiente que el arreglo para sedimentos de arroyo y materiales derivados del pie de montaña al este del valle. Muestras de material residual en zonas ocupadas en tiempo prehispánico, interpretadas como producto de la desintegración de muros de adobe, forman un grupo compacto en la gráfica ARM vs. k, en la intersección de los arreglos de lineales para muestras de terrazas y sedimentos de arroyo. El tamaño de grano es similar al encontrado en terrazas y suelos residuales, pero contienen más altas concentraciones de magnetita. Esto

sugiere que esta técnica permite discriminar superficies utilizadas para agricultura de superficies utilizadas para habitación.

GC-18

**ESTUDIO MAGNETICO DE PALEOSUELOS DEL NEVADO
DE TOLUCA**

Jorge Rivas O.¹, A.M. Soler A.², J. Urrutia F.², B. Ortega G.²,
E. Solleiro R.³ y S. Sedov³

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

E-mail: anesoler@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Instituto de Geología, UNAM

El trabajo comprende el estudio de Paleosuelos Cuaternarios en el área del Nevado de Toluca empleando diversos análisis y parámetros magnéticos. Se analizan dos localidades Arroyo la Ciervita (LC), que comprende tres unidades, y Zacango (ZA) que consta de siete.

En ambos casos, son considerados como paleosuelos sepultados por material volcánico, cuyas edades oscilan entre los 13,000 y 100,000 años y donde se correlacionan las tres primeras unidades pedostratigráficas de cada localidad.

Lo que se busca es el empleo de las propiedades magnéticas como una herramienta en la reconstrucción paleoambiental en paleosuelos de origen volcánico, que permita corroborar la información obtenida por estudios previos.

En el laboratorio se analizó la magnetización natural remanente, susceptibilidad magnética, magnetización anhisterética remanente, magnetización isothermal remanente, y desmagnetización por campos alternos.

Los resultados obtenidos de los análisis nos permitieron determinar las propiedades magnéticas de estos paleosuelos para caracterizar las localidades, perfiles y horizontes, dar una interpretación de los procesos que causan y modifican su composición magnética, así como las condiciones ambientales que sufren estas unidades durante su formación y posterior a ésta.

GC-19

**MINERALOGÍA MAGNÉTICA EN UNA SECUENCIA DE
PALEOSUELOS CUATERNARIOS. BARRANCA TLALPAN,
TLAXCALA**

Beatriz Ortega¹, Ane Soler¹, Sergei Sedov² y Elizabeth Solleiro²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: bortega@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Instituto de Geología, UNAM

En una amplia variedad de ambientes sedimentarios, los métodos del magnetismo de rocas han sido aplicados exitosamente para caracterizar las fases de minerales magnéticos primarios y secundarios y su relación con los

procesos de sedimentación e intemperismo. En los suelos, las propiedades magnéticas dependen no sólo de los materiales de los que se derivan, sino también de los procesos pedogénicos que los han formado. En este trabajo, se presentan los resultados de la caracterización de una secuencia de paleosuelos a partir de su mineralogía magnética. En la Barranca Tlalpan (Tlaxcala) aflora una secuencia de siete paleosuelos pleistocénicos y un suelo reciente. Estas unidades se agrupan en cuatro unidades morfológicas: En la Unidad Roja se incluyen los pedocomplejos TX7 y TX6, caracterizados por horizontes Bt bien desarrollados de un distintivo color pardo rojizo, definidos como Luvisoles crómicos. La Unidad Parda incluye los paleosuelos TX5 a 3, caracterizados por horizontes Bt bien desarrollados de color pardo, con nódulos de Fe-Mn, y definidos como Luvisoles háplicos. La Unidad Gris incluye los paleosuelos TX2 y TX1, ambos con horizontes Bt de color gris, y con abundantes rasgos redoximórficos y carbonatos, definidos como Luvisoles estágnicos. El suelo del Holoceno tardío S1 es un Phaeozem háplico de color gris pardo. Los paleosuelos están separados por horizontes C (tepetates).

En muestras de cada uno de los horizontes que forman esta secuencia de paleosuelos, se midieron los siguientes parámetros magnéticos: susceptibilidad (X) en baja y alta frecuencia (0.47 y 4.7 kHz), magnetización remanente anhistéica (MRA), magnetización de saturación (Ms), parámetros de coercitividad Hc y coercitividad remanente Hcr, magnetización remanente isothermal de saturación a 1 Tesla (MRIS) y en campos inversos de 0.1, 0.2 y 0.3 T, a partir de los cuales se calcularon los cocientes S ($S_x = \text{MRI}_x / \text{MRIS} * 100$; donde x es el valor del campo inverso aplicado). La mineralogía magnética fue determinada a partir de temperaturas de Curie estimadas a partir de la X durante el calentamiento hasta 700°C, y la combinación de otros parámetros magnéticos. La concentración se estimó a partir de X, MRA, MRIS y Ms. Los parámetros que dependen del tamaño de grano (dominio magnético) son MRA, el cociente MRA/MRIS, y la dependencia de frecuencia de X.

Las tres unidades de paleosuelos presentan diferentes características de mineralogía magnética. La Unidad Roja presenta la mas alta concentración de ferrimagnéticos, constituidos por Ti-magnetitas ricas en Ti, mas una fase de magnetita pura de grano fino (SD). La Unidad Parda presenta una concentración menor en relación a la unidad anterior, caracterizada por Ti-magnetitas ricas en Ti de tamaño grueso (MD). La Unidad Gris y el suelo holocénico S1 presentan una asociación de fases magnéticas mas compleja, en la cual hay una variación mayor en el tipo de minerales magnéticos presentes y en la distribución de tamaños de grano de los mismos. Una característica común a las tres unidades es que en general presentan una disminución en la concentración de los minerales magnéticos y un aumento en el tamaño de grano magnético en sus horizontes Bt, respecto a los horizontes C y Bc. Estas características indican que los procesos pedogénicos no han resultado en un aumento en la fracción magnética, sino al contrario, una disminución de la misma, en la que

probablemente ha existido una disolución preferente de las fases magnéticas de tamaño más fino, lo que ha dado lugar al relativo aumento de tamaño.

Las características encontradas en estos paleosuelos contrastan a las de aquellos de las secuencias de loess/paleosuelos en China, estos últimos caracterizados por un aumento en la concentración de granos magnéticos, asociado a la neo-formación de magnetita y maghemita de tamaño fino.

GC-20 CARTEL

LOS PALEOSUELOS COMO UNA HERRAMIENTA EN EL RECONOCIMIENTO DE LA DINAMICA DEL PAISAJE EL CASO DEL VOLCAN NEVADO DE TOLUCA

Carolina Jasso¹, Elizabeth Solleiro², Jorge Rivas³, Jorge Gama² y Sergey Sedov²

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

E-mail: carolina@geologia.unam.mx

² Depto. de Edafología, Instituto de Geología, UNAM

³ Facultad de Ingeniería, UNAM.

La secuencia estratigráfica del volcán Nevado de Toluca registrada durante el Pleistoceno-Holoceno considera espacial y temporalmente numerosos eventos volcánicos, fluviales y flujos piroclásticos, que revelan una dinámica activa de acumulación y erosión de materiales en el paisaje. Sin embargo, en ocasiones el impacto de las adiciones de nuevos materiales en el área del volcán, con el tiempo llegan a ser menos evidentes, lo que dificulta su reconocimiento. Se considera que para una mejor identificación de estos fenómenos, los paleosuelos representan un apoyo multifacético. El límite de este apoyo está en función de la interpretación adecuada que se realice de la memoria de los paleosuelos. Esto se hace a través de su analogía con los suelos modernos.

La memoria de los paleosuelos la constituyen propiedades y rasgos que se forman durante la pedogénesis, muchos de los cuales no cambian con el tiempo, o cambian poco después de que el suelo es sepultado o que ha sufrido procesos diagenéticos. Además, con base a estas propiedades se pueden reconocer procesos e interpretar condiciones ambientales y periodos de estabilidad del paisaje.

En este trabajo se presentan y analizan propiedades químicas, granulométricas, mineralógicas y paleomagnéticas que son representativas del ambiente en que se formaron los paleosuelos del Arroyo la Ciervita y Zacango. Ambos sitios están localizados en el flanco Norte del Nevado de Toluca. Fueron reconocidos cuatro patrones evolutivos de paleosuelos representados por Andosoles, suelos oscuros con y sin propiedades ándicas, Cambisoles y suelos pardo amarillentos con propiedades lúvicas. Las evidencias hasta ahora obtenidas indican múltiples periodos de inestabilidad del paisaje que sólo son detectados como discontinuidades texturales, minerales y paleomagnéticas. Así mismo en el caso de los suelos con propiedades lúvicas se observan grandes periodos de estabilidad del paisaje. A través de la interpretación de la

memoria de estos paleosuelos fueron registradas tanto interrupciones en la pedogénesis, como fluctuaciones climáticas, las cuales en su conjunto influyeron en la evolución de los paleosuelos.

Palabras clave: paleosuelos, pedogénesis, discontinuidades texturales, paleomagnetismo

GC-21 CARTEL

MINERALES DE ARCILLA Y PALEOAMBIENTE EN EL GLACIS DE BUENAVISTA, MORELOS

Escamilla Sarabia M.G., E. Solleiro, S. Sedov y J. Gama
Instituto de Geología
E-mail: mges@ibunam.ibiologia.unam.mx

El Glacis de Buenavista corresponde a una región del Cuaternario Tardío, el cual se ha visto influenciado por diferentes factores formadores, los cuales no han sido uniformes, y estas diferencias han determinado su existencia. Se han estudiado dos secuencias estratigráficas, ubicadas a diferentes altitudes, una en Buenavista a 2000 msnm, que incluye siete unidades estratigráficas que han sido caracterizadas como un Andosol y Luvisoles; y Ahuatenco a 1800 msnm, determinando un Luvisol y Tepetates.

El Glacis ha sido analizado desde diferentes puntos de vista, en el campo por su posición estratigráfica y morfológica; y por otro lado, por difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X, así como el fechamiento por C14, ($12,1460 \pm 140$ años) realizado en concreciones de Fe/Mn en un horizonte E de Buenavista; esta combinación de características ha permitido sugerir una correlación estratigráfica de las dos unidades mencionadas.

El contenido de arcilla en los Luvisoles es de 30-80%, lo que indica un intenso intemperismo o iluviación de arcilla durante este periodo; los principales minerales de arcilla encontrados en todos los horizontes identificados son la caolinita y la haloysita (estructura 1:1); la clorita, cristobalita, esmectita (montmorillonita), e illita (estructura 2:1) están también presentes, pero no en todos los casos.

Las diferencias contrastantes en la composición de la arcilla de los suelos modernos y los Luvisoles, se explica en un principio por las diferencias en la duración de la pedogenesis bajo condiciones de humedad similares, pero actualmente se piensa que mas que las variaciones estacionales de precipitación o fases secas con periodos cortos en el Pleistoceno Tardío, se apoyo la formación de minerales de arcilla de tipo 1:1, estimulando el desarrollo tanto de Luvisoles como de Tepetates y se demuestra que los minerales de arcilla proveen claras evidencias de las diferencias temporales con las condiciones del ambiente durante el Pleistoceno

Estos paleosuelos indican variaciones paleoclimáticas, y si el ambiente del suelo cambia con el tiempo, también los productos del intemperismo, como lo son los minerales de arcilla, siendo estos metaestables en el ambiente presente.

Palabras clave: Cuaternario Tardío, Luvisoles, Tepetates, Andosoles.

GC-22 CARTEL

EVALUACIÓN DE LA SALINIDAD SUPERFICIAL EN LA CUENCA DE CUATROCÍENEGAS, COAHUILA, MEDIANTE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Miguel Ortiz Olguin y Jaime Rey Contreras
Depto. de Suelos, Universidad Autónoma de Chapingo
E-mail: mortiz93@hotmail.com

El área natural protegida de Cuatrociénegas, Coahuila, constituye un importante refugio de flora y fauna que incluye numerosas especies endémicas. Debido a su origen y a las condiciones de aridez imperantes, en la zona existen abundantes depósitos de yeso, pero igualmente una gran superficie de la zona está ocupada por suelos afectados por sales de alta solubilidad; sin embargo, se carece de un estudio detallado que muestre la distribución y extensión actual de la salinidad, motivo por el cual se planteó como objetivo obtener un mapa que muestre la distribución de la salinidad de las capas superficiales de los suelos en el área por medio de un sensor de inducción electromagnética, y además evaluar el uso de esta técnica en áreas con alto contenido de yeso. El equipo utilizado es un sensor Geonics modelo EM-38, con el cual se realizaron dentro de toda el área de estudio mediciones de la conductividad eléctrica del suelo (CE), a dos profundidades: 0-75 y 0-150 cm. Adicionalmente, en una serie de sitios ubicados al azar se tomaron muestras de suelo para análisis en laboratorio con los que se procedió a la calibración del equipo. En los mismos sitios donde se realizaron las mediciones se tomaron las coordenadas geográficas mediante un equipo GPS y la información obtenida fue procesada mediante geoestadística, con el fin de conocer la estructura espacial de la conductividad eléctrica, lo que permitió elaborar mapas que muestran la distribución espacial de la conductividad eléctrica a las profundidades señaladas. Los resultados muestran que la zona de Cuatrociénegas presenta una amplia variación en lo que se refiere a los valores de conductividad eléctrica presentes, registrándose valores que oscilan desde 0.1 hasta 155 dS m⁻¹ tanto para la profundidad de 0-75 como para la de 0-150 cm. Como es lógico suponer, las zonas periféricas de la cuenca presentan valores muy bajos de salinidad, con un incremento hacia el centro de la misma. Los valores más elevados se observaron en varias de las salinas presentes en los alrededores de la zona de Río Mezquites. Sin embargo, existen también en la parte central de la cuenca sitios ricos en yeso donde los valores de conductividad eléctrica son sustancialmente menores, inferiores a 20 dS m⁻¹; una situación similar se presenta en el área de las dunas de yeso ubicadas al sur de la Poza de la Becerra, donde los valores oscilaron entre 0.9 y 34 dS m⁻¹.

GC-23 CARTEL

PALEOLIMNOLOGÍA DEL LAGO DE CUITZEO,
MICHOCÁN, MEXICO

Israde Alcántara Isabel¹, Lozano García Socorro² y Velázquez Durán Rodrigo¹

¹ Depto. de Geología, IIM, Universidad Michoacana

E-mail: aistrade@zeus.umich.mx

² Instituto de Geología, UNAM

El lago de Cuitzeo esta situado al Norte del estado de Michoacán, es un lago de alta montaña (1820 msnm) que ha experimentado fluctuaciones ambientales continuas. Las diatomeas y los tipos polínicos seleccionados de un núcleo de 27 m, proveen una perspectiva del cambio ambiental de la cuenca durante los últimos ca. 120 ka A.P.

Se observa que a lo largo del Cuaternario la flora dominante en el lago es *Staurosira* spp, mientras el polen está representado por *Cyperaceae*, ambos testimoniando bajos niveles lacustres en un ambiente de aguas dulces. En la cuenca el polen de pino y encino es acompañado por porcentajes altos de *Ambrosia*, *Cheno-Am* y *Poaceae* en las fases de mayor sequía.

A fines del Pleistoceno Tardío en el lago se presentan fluctuaciones de aguas oligotróficas y eutróficas con niveles lacustres bajos de ca. 110,000 años A.P. a ca. 50,000 años A.P., en donde se desarrolla *Cyperaceae* y *Chenopodiaceae*, que viven en aguas pantanosas. Este trend es interrumpido por una ligera recuperación del lago ca. 90,000 años A.P.

Ca 50,000 años A. P. *Cyperaceae* y *Typha*, acompañados por *Isöetes* y *Onagraceae*, evidencian aguas poco profundas y frías.

A los ca. 44 ka, especies planctónicas *Stephanodiscus-Aulacoseira* y el alga *pediastrum* alcanzan su máxima representación indicando una fase mas húmeda que las anteriores. *Pediastrum* persiste a los 38 ka y 30 ka A.P.

Abundante polen de *Quercus* y *Ambrosia* indican climas calientes con veranos secos para el Máximo Glacial (18,000 años A.P.) con desarrollo de bosques templados abiertos, mientras en el lago las condiciones son muy fluctuantes, presentando diatomeas perifíticas béntónicas. Respecto a la temperatura del lago, llego a alcanzar hasta 25°C hacia ca. 18,000 años A.P. de acuerdo al registro de *Coelastrum*.

En el Glacial Tardío se registró recuperación en el espejo de agua y restablecimiento de las áreas boscosas que alcanzan su máximo hacia ca. 9,000 años A.P.

Para el Holoceno Temprano los porcentajes bajos de *Ambrosia* y *PNA*, acompañados con incremento de *Pinus* y *Alnus* y *Staurosira construens* evidencian un clima templado.

Este cambia a seco en el Holoceno Medio con bajos niveles lacustres (diatomeas perifíticas y *Cheno-Am*) y coincide con lo observado en el lago de Pátzcuaro ca. 5,000 años A.P.

Alrededor de 6,000 a la actualidad años A.P. domina *Cyclotella meneghiniana*, indicando un descenso del nivel lacustre y aumento de la turbidez, mientras el polen de los últimos 1000 años sugiere una disminución de los bosques en la cuenca.

GC-24 CARTEL

REGISTRO PALEOLIMNOLÓGICO DE LOS ÚLTIMOS
5,000 AÑOS DEL LAGO LA PRECIOSA, PUEBLA

Alejandro Rodríguez Ramírez¹⁻², Margarita Caballero Miranda³,
Gloria Vilaclara Fatjó¹ y Diana Juárez Bustos¹⁻²

¹ Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM

E-mail: alerdz@servidor.unam.mx

² Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

³ Instituto de Geofísica, UNAM

Se analizaron secuencias sedimentarias del lago La Preciosa para tratar de interpretar las fluctuaciones ambientales ocurridas durante el Holoceno Tardío en la zona E de la Faja Volcánica Mexicana. Se llevaron a cabo fechamientos por ¹⁴C obteniéndose un intervalo de edades calibradas entre 3,963 a 4,087 BP y 5,381 a 5,450 BP. El análisis de diatomeas entre los núcleos y dentro de cada secuencia indica que existen diferencias importantes de microhábitats dentro del propio lago, además de un gradiente de salinidad incipiente entre la parte NE y SW y de condiciones relativamente estables de agua dulce a ligeramente atalasalina, alcalina y oligo-mesotrófica. Adicionalmente, la secuencia obtenida en la zona más somera indica un incremento reciente en la salinidad. El análisis químico de sedimentos, la difracción de rayos-X y la susceptibilidad magnética sugieren un mayor aporte de sedimentos (erosión) y un incremento reciente en la salinidad del lago. Se concluye que el registro sedimentario de La Preciosa indica las condiciones de un lago de agua dulce y alcalina durante los últimos ca. 5,000 años, que ha incrementado su salinidad y alcalinidad recientemente (ca. 100-150 años) debido a un probable cambio ambiental hacia un clima más árido en la localidad y posiblemente también asociado con impacto humano reciente. Así mismo, se registra una tendencia hacia condiciones de disminución en el nivel lacustre. Actualmente, las condiciones químicas del lago señalan una situación limítrofe entre aguas dulces y subsalinas.

GC-25 CARTEL

ESTUDIO PALEOLIMNOLÓGICO DE LOS SEDIMENTOS LACUSTRES DEL LAGO CHIGNAHUAPAN DURANTE LOS ÚLTIMOS CA. 6,000 AÑOS

Francisco Valadez Cruz¹, Yoko Sugiura² y Margarita Caballero Miranda³

¹ Facultad de Ciencias, UNAM

E-mail: fvc@yahoo.com

² Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

³ Instituto de Geofísica, UNAM

El lago Chignahuapan, se localiza en la porción sur de la Cuenca Alta del Río Lerma, Estado de México (19°08'N, 99°31'O, a 2.650 m.s.n.m.). Tiene actualmente una profundidad de 0.5-2.0 m, pH de 6.8-8.5, concentración de oxígeno disuelto 3.2-15 mg l⁻¹, alcalinidad 77.5-440.9 mg l⁻¹ CaCO₃, conductividad 1100-1878 μ S cm⁻¹. Se excavaron una serie de pozos (seis) en la región N-E del lago con el objetivo de documentar las fluctuaciones en las características del cuerpo lacustre y sus posibles correlaciones con el registro arqueológico de la zona. En el presente trabajo se presentan los datos del pozo localizado en la porción más central del lago. Este pozo tiene 195 cm de profundidad y se cuenta con dos fechamientos de ¹⁴C que permiten estimar un registro de ca. 6,000 AP. Se detectaron tres eventos principales en este registro: 1. Una fase profunda, caracterizada por *Stephanodiscus niagarae* (> 80% de abundancia relativa) cerca de la base del perfil (ca. 6,000 años), el registro de esta fase profunda a principios del Holoceno medio, es importante por que difiere de las condiciones someras, reportadas en trabajos anteriores. 2. Un evento de sequía hacia 4,309 años AP que llevó a la formación de un pantano de agua dulce; 3. Otro evento de sequía alrededor de los 1,849 años AP, con el desarrollo de un pantano somero ligeramente alcalino. Ambos eventos someros han sido detectados en otras secuencias estudiadas en el lago. Particularmente, el segundo evento somero correlaciona con el desarrollo de asentamientos humanos dentro de la zona lacustre mediante la construcción de islas artificiales durante el Clásico tardío y el Epiclásico (550-900 D.C.).

GC-26 CARTEL

PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE SEDIMENTOS DE LA REGIÓN DE CHALCO-AMECAMECA: AMBIENTES DE DEPOSITO, CAMBIO CLIMÁTICO Y OCUPACIÓN HUMANA EN EL SURESTE DE LA CUENCA DE MÉXICO

G. Silva Parejo¹, J. Urrutia Fucugauchi² y C.D. Frederick³

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: la_lele@hotmail.com

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Department of Archaeology and Prehistory, University of Sheffield

Se presentan resultados del estudio de propiedades magnéticas de las secuencias sedimentarias en la zona de Chalco-Amecameca, en el sureste de la Cuenca de México. En

este trabajo se reportan resultados de los depósitos del margen este del ex-lago de Chalco, en las planicies de los ríos Amecameca y Tlalmanalco y en el cráter Xico. De los perfiles estudiados se seleccionaron nueve para los análisis de propiedades magnéticas y sedimentológicas. Entre las fuentes de minerales magnéticos se tienen las secuencias volcánicas del Popocatepetl y de los numerosos conos cineríticos de las sierras de Chichinautzin y Santa Catarina y las zonas de Chalco y Amecameca. La región este de la cuenca esta drenada por los ríos de Tlalmanalco y Amecameca, que se originan en los volcanes de Iztacihuatl y Popocatepetl. Los estudios en una primera fase han sido enfocados a caracterizar las propiedades de los sedimentos fluviales y lacustres, identificación de horizontes de cenizas (de caída libre y retrabajadas), analizar los procesos de erosión, los efectos de cambios climáticos y el uso y modificaciones del suelo. Las mediciones incluyen: granulometría, contenidos relativos de arenas, limos y arcillas, susceptibilidad en campos bajos, dependencia de la frecuencia, magnetización remanente natural, coercitividad en campos alternos, adquisición de magnetización remanente isothermal, ciclos de histéresis y variación de la susceptibilidad de altas y bajas temperaturas. La parte basal en la mayoría de los perfiles esta representada por sedimentos lacustres y en el caso del cráter Xico por sedimentos volcanoclásticos. La señal magnética esta principalmente llevada por titanomagnetitas y magnetita. La depositación en el área fue afectada o interrumpida por actividad humana, lo que se refleja en cambios en los cocientes de sedimentación. La posición del margen de Chalco se modifico como resultado de los cambios de nivel y los procesos de sedimentación asociados a los ríos Amecameca y Tlalmanalco. Uno de los perfiles corresponde a una chinampa en Ayotzingo, cubierta por sedimentos finos deltaicos. En los perfiles dentro y en las laderas del cráter Xico se observan varios horizontes de ceniza de caída y un horizonte de pómez con andesita (ladera).

GC-27 CARTEL

LOS OSTRÁCODOS EN SEDIMENTOS DEL LAGO LA PRECIOSA, PUE.

Diana Juárez Bustos^{1,2}, Gloria Vilaclara Fatjó¹, María Luisa Machaín Castillo³, Margarita Caballero Miranda⁴ y Alejandro Rodríguez Ramírez^{1,2}

¹ Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM

E-mail: dianaj@servidor.unam.mx

² Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

³ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

⁴ Instituto de Geofísica, UNAM

Las investigaciones paleolimnológicas se fundamentan, entre otros, en el estudio de los organismos incluidos en los sedimentos lacustres. Uno de los organismos empleados son los ostrácodos, los cuales son microfósiles de naturaleza calcárea y resultan útiles como indicadores paleoambientales. Los ostrácodos de agua dulce han sido menos estudiados que los marinos, principalmente por la dificultad para identificar las especies y porque poseen un caparazón delgado que fácilmente

puede destruirse. La Preciosa es un lago maar ubicado en la cuenca Oriental -extremo este de la Faja Volcánica Mexicana, a los 19°21'23"N y a 97°22'27"W, de elevada reserva alcalina y alta presencia de ostrácodos, cuyo registro queda bien preservado en los sedimentos. Se determinaron los cambios registrados en los sedimentos de este lago con base en el análisis de las asociaciones de ostrácodos presentes. Se colectaron dos núcleos, uno de litoral y el otro de gravedad, a los que se realizaron la descripción estratigráfica, fechamiento por ¹⁴C, susceptibilidad magnética y análisis de ostrácodos. Se obtuvo una edad calibrada de 3,963-4,087 AP en la base del núcleo de gravedad. Se registró la presencia de 4 especies: *Candona patzcuaro*, *Limnocythere itasca*, *Darwinula stevensoni* y *Potamocypis* cf. *unicaudata*. Al considerar su distribución a lo largo de los núcleos, se observa un cambio importante en el lago hacia condiciones de mayor salinidad. Así mismo, el aumento en la susceptibilidad magnética indica etapas de erosión. Se concluye que La Preciosa muestra una tendencia reciente hacia el incremento en su salinidad así como una disminución en el nivel lacustre, lo cual parece señalar una posible tendencia del clima local hacia una mayor aridez.

GC-28 CARTEL

EL AGUAJE DEL CABALLITO BLANCO: SEDIMENTOS Y PALEOAMBIENTES DEL PLEISTOCENO TARDÍO EN EL NW DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, SONORA, MÉXICO

López Higuera Antonia^{1,2}, Peñalba Garmendia M. Cristina², Paz Moreno Francisco A.¹ y Van Devender Thomas R.³

¹ Depto. de Geología, Universidad de Sonora

E-mail: ant_lop03@yahoo.com.mx

² Instituto de Ecología, UNAM, Hermosillo, Sonora

³ Arizona Sonora Desert Museum, Tucson, Arizona, USA

La Sierra Madre Occidental representa una extensa cobertura de rocas volcánicas terciarias que sobrepasan sus límites fisiográficos, de este a oeste, en sierras y valles limitados por fallas. A pesar de su importancia fisiográfica, geológica y biológica, y de su clima favorable para la realización de estudios paleoecológicos, estos últimos faltan en la región. Así, existen trabajos sobre su geología, pero los paleoambientes asociados a la deposición de sus rocas y sedimentos no están documentados. El presente trabajo muestra un estudio interdisciplinario que tiene como objetivo establecer la morfología, límites, geología y paleoambientes asociados a la deposición de sedimentos de la cuenca de "El aguaje del Caballito Blanco". Esta es una pequeña cuenca cuaternaria (ca. 1.5 km²) inmersa en un contexto volcánico terciario y formada por la acumulación de sedimentos provenientes de la erosión de las rocas volcánicas circundantes. Se sitúa en la localidad de "El Kípor" (Maycoba, Municipio de Yécora, 28°24'14"N, 108°36'00", 1500 msnm).

Un perfil de sedimento muestra niveles orgánicos centimétricos hacia la base, subyacentes a una capa areno-arcillosa de 3m. Se presenta aquí el estudio de los sedimentos

basales (1m de espesor) obtenidos mediante un nucleador manual de tipo Livingstone. El núcleo presenta tres niveles: el nivel inferior formado por arenas arcillosas orgánicas no consolidadas de color gris claro, con pequeñas laminillas de carbón intercaladas de 4 mm aproximadamente. El nivel medio muestra arenas arcillosas de color gris-verdoso, con fragmentos de rocas de 0.5 mm hasta 1 cm. Estos fragmentos de roca son producto de la degradación de las rocas volcánicas que afloran. Finalmente, el nivel superior incluye arcillas negras muy orgánicas con pequeños fragmentos de carbón de 1 a 3 mm. Para observar la textura y mineralogía de los fragmentos de roca en láminas delgadas se efectuó un estudio petrográfico. El análisis sedimentológico de las fracciones finas se realizó con un lector Láser Coulter. Un tratamiento químico clásico permitió la extracción del polen. Este último registra cuatro períodos antiguos de vegetación: todos ellos reflejan la existencia de praderas locales, aunque ninguno el actual bosque de encino-pino. El pinar fue dominante, más o menos cerrado y en una de las fases, asociado a Cupresáceas y encinos. Los cambios bruscos en la vegetación y la presencia constante de *Picea*, hoy restringida a mayores altitudes, sugieren repetidos procesos erosivos en la cuenca, asociados a un clima más húmedo y frío que el actual.

GC-29 CARTEL

INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL DEL MARGEN SUR DEL LAGO DE PÁTZCUARO CON APOYO DE LAS DIATOMITAS LEVANTADAS

Israde-Alcantara I., De la Cruz-Abarca N. y Garduño-Monroy V.H.

Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana
E-mail: aisrade@zeus.umich.mx

El último Máximo Glacial fue un periodo con registros diversos en varias regiones en el centro de México.

El margen sur del lago de Pátzcuaro es un sitio idóneo para estudiar este periodo ya que el magmatismo del volcán la Taza hace 8,000 años, permitió que aflorara y emergiera una columna de sedimentos en los que las diatomeas están bien conservadas y conforman un registro continuo de depósito.

Seis secciones levantadas a lo largo de 200 metros y una trinchera y permiten correlacionar y reconstruir las distintas fases de evolución del lago en este periodo. Los sedimentos están representados en la base por arcillas ricas en restos de peces, hacia la cima las diatomitas en algunos sitios se intercalan con cenizas volcánicas finas.

Especies centrales de forma de vida planctónica (*Aulacoseira granulata* y *Stephanodiscus niagarae*) conforman mas del 85% de los taxa registrados en las columnas, siendo acompañantes *Stephanodiscus* aff. *minutulus* y *Cyclotella stelligera*. Condiciones mas bajas se observan hacia los 31,000 años A.P indicando la cercanía de cinturones de macrofitas es sugerida por *Cocconeis placentula*, *Staurosira construens* y *Rhopalodia gibba*.

En este margen sur se encontraba parte de la zona relativamente profunda del lago Pleistocénico y no se observaron condiciones de elevada concentración iónica, indicando que el lago de Pátzcuaro se mantuvo como un lago de aguas dulces.

Stephanodiscus niagarae es un taxa extinto en el lago y su presencia probablemente indica una mayor precipitación y por lo tanto condiciones de aguas abiertas en el Último Máximo Glacial.

El contacto de los sedimentos lacustres con la intrusión del Volcan la Taza produjo una aureola de metamorfismo en la que los tonos ocre y ladrillo han servido para usos artesanales desde tiempos prehispánicos.

Sesión

Geología Estructural, Tectónica y Tectonofísica

Jueves 7 — Viernes 8

SALA D y A

NEOTECTÓNICA Y SISMOTECTÓNICA

GET-01

NEOTECTÓNICA Y DINÁMICA COSTERA DEL SUROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

J. Eduardo Aguayo C.¹, J. Araujo-Mendieta² y M.A. Gutiérrez-Estrada¹¹ Facultad de Ingeniería, UNAM
E-mail: ariaspaz@servidor.unam.mx² Instituto Mexicano del Petróleo

El área de estudio comprende una superficie de unos 150 000 Km² y se ubica en la Bahía de Campeche, en el suroeste del Golfo de México y hacia el sur, en la franja costera continental externa de los estados del sur de Veracruz, Tabasco y Campeche; su límite norte corresponde al frente externo de la bahía y el sur-occidente del Escarpe de Campeche; al occidente se ubica el Cañón de Veracruz y al oriente, el Cañón de Campeche y el nor-occidente del Estado de Yucatán. Como parte de los objetivos del proyecto geológico-marino se elaboró el mapa morfobatimétrico mediante el barrido del fondo oceánico por medio de la ecosonda hidroacústica modelo ORE y el Sonar SIMRAD-ST del B/O "Justo Sierra" de la UNAM (1998 y 1999), con frecuencias entre 3.5 y 1.5 KHz, y utilizando el posicionador GPS multicanal modelo Magnavox, instalado en el buque. En la morfobatimetría del fondo marino se destacan los sistemas de fallas transtensivas con desplazamiento lateral izquierdo y las intrusiones salinas que sobresalen del piso marino; esta información se integró con aquella geofísica de reflexión continua aportada durante el proyecto oceanográfico C.I.C.A.R. (USGS-GD-72001, 1972). Con base en los datos oceanográficos del piso y del subsuelo marino, se interpreta en este trabajo, el movimiento dextrógiro del Bloque de Yucatán, que se desplaza en su porción sur, en Centroamérica, a lo largo de la provincia geológica del Arco de la Libertad y de los sistemas de fallas Polochic con desplazamiento lateral-izquierdo, que fueron especialmente importantes durante el Mioceno Superior-Plioceno-Inferior, porque reactivaron subsidentemente a las cuencas del Terciario: Macuspana, Comalcalco y Salina del Istmo. Los sistemas de fallas de la región marina del golfo, se prolongan hacia la planicie costera del Sureste de México, como fallas transcurrente laterales izquierdas, que inciden y se manifiestan en las desembocaduras de los ríos Grijalva-San Pedro-San Pablo y en la porción occidental de la Laguna de Términos, en Punta Xicalango, Camp. Como consecuencia de la hidrodinámica marina y continental, desde el Holoceno tardío (5600 años antes del presente, según datos obtenidos con carbono radioactivo), en esta planicie fluvio-deltática se depositaron grandes extensiones de sedimentos siliciclásticos y de bioclásticos calcáreos, formando cordones litorales y bermas progradantes hacia el Golfo de México, entre 6 a 10 metros/año, y está afectada por tres bloques tectónicos limitados por las tres fallas transcurrentes mencionadas. Actualmente la franja

costera está en proceso retrogradante por erosión, a razón de 3 a 4 metros por año, porque en ella incide un sistema marino de corrientes anticiclónicas cuyo diámetro es de unos 200 Km, que transporta y dispersa los sedimentos fluviales y costeros a lo largo de la franja litoral. Por lo que, bajo las condiciones sedimentarias e hidrodinámicas actuales, son bajas las posibilidades de que en esta región, los sistemas fluviales prograden hacia el golfo, como sistemas deltáicos.

GET-02

NEOTECTÓNICA DE LA SONDA DE CAMPECHE

Juan José Valencia Islas y Jorge Jacobo Albarrán
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: jjvalen@imp.mx

El área de estudio comprende las coordenadas 18°30' y 20°30' de latitud Norte y 92°00' y 93°30' de longitud Oeste y se localiza en la Sonda de Campeche que es la región petrolera más importante de México y la mejor explorada por PEMEX.

En esta región existe, un sin número de estudios geofísicos, realizados para evaluar la implantación de plataformas petroleras. Se realizó un análisis estructural utilizando planos de las fallas que afectan al fondo marino cartografiadas en 150 estudios geofísicos.

Se observó por medio de rosetas de frecuencia que hay dos tendencias en la orientación de las fallas. Una N45° paralelas a la costa y otra a partir del campo Cantarell N5° que se encuentra relacionada al Norte con el escarpe de Campeche y al Sur en la parte terrestre a la falla de Xicalango, la cual es el límite Oriental de la cuenca de la cuenca miocénica de Macuspana.

Estas características estructurales coinciden con la distribución de los campos petroleros y con los cambios en la composición de los hidrocarburos.

Se concluye que esta distribución de fallas someras se encuentra vinculada a la actividad del movimiento actual de la Península de Yucatán, la placa del Caribe y el Centro de México.

GET-03

LA NUEVA CORTEZA CONTINENTAL BAJO LA REGIÓN DE LA BAHÍA DE CAMPECHE

Sandoval Ochoa J.H.¹, J.E. Aguayo Camargo¹, J.H. Flores Ruiz², J. Araujo Mendieta² y M.A. Gutiérrez Estrada¹¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

E-mail: vramos@gsmn.cna.gob.mx

² Exploración y Producción, Instituto Mexicano del Petróleo

La nueva corteza continental del suroeste del Golfo de México, está representada por el gran prisma sedimentario de gran espesor, del Neógeno, formado por los acarreo y

depósitos sedimentarios venidos principalmente de las tierras altas del sureste mexicano. Con los aportes sedimentarios de los clásticos terrígenos y sus cargas litostáticas sobre los lechos salinos y basamentos preexistentes del Jurásico o anteriores, se dieron las deformaciones sedimentarias y flujos de materia salina. Principalmente los movimientos se desarrollaron en forma diapírica y vertical, y en ocasiones se dieron algunas intrusiones de componente horizontal (canopias). Con la Tectónica Salina Actualizada se ha podido conocer que la movilidad de la sal en la región ha tenido su mayor desarrollo durante la última parte del Neógeno y continúa en el Reciente, aún en nuestros días. La expresión final y actual del prisma, incluye la distribución abigarrada de cuerpos intrusivos salinos en ascenso y/o cuencas colgantes (minicuencas) de depósitos de sedimentos, en descenso; lo cual en conjunto, le da un aparente panorama regional muy consistente y continuo al prisma.

Mediante una revisión multidisciplinaria e integrativa de los resultados de los métodos de análisis espectrales y de la Geomorfometría Avanzada, realizados previamente en el suroeste del Golfo de México, con los perfiles gravimétricos, a partir del modelo de raíz de montaña de Airy-Heiskanen y con las continuidades y discontinuidades interpretadas del arreglo estructural rocoso con los resultados geomorfológicos; se confeccionó el modelo geométrico de un prisma sedimentario el cual fue conformado por: a) La tectónica salina sindeposicional con la deformación y flujos, en sus últimas épocas neogénico-recientes. b) La aparente configuración de su base apoyada en sus basamentos regionales. c) El relieve morfobatimétrico del suroeste del Golfo de México en su cierre superior, obtenido con la Sismoestratigrafía Estructural y d) Sus espesores estimados de su contribución gravimétrica.

En estos términos, con el conjunto de datos cruzados de las metodologías citadas, aplicadas en esta región, se logró ponderar una red apoyada en nueve puntos profundos de "sondeo gravimétrico" correlacionados entre sí con las tendencias morfométricas de los elementos estructurales mayores asociadas al prisma que simula a la nueva corteza continental. Así la base del prisma sigue una configuración esperada que define a una superficie de un contraste de densidades importante que alcanza a superar los $+ 0.4 \text{ gr/cm}^3$ para los cálculos gravimétricos. La densidad de contraste se da entre el paquete sedimentario (prisma) y la roca sustentadora basamental, bien sea ésta, perteneciente al manto superior emplazado en el Jurásico o bien, a bloques continentales precenozoicos del sureste de México.

El prisma en su porción norte, entre las latitudes 19° y 21° norte, se apoya sobre una "corteza oceánica" del Jurásico que corona al manto superior; y en su porción sur, bajo la plataforma continental y la llanura costera, se apoya sobre bloques de corteza continental del sureste mexicano de edad mesozoica o más antiguos; en esta misma porción, entre las latitudes 17° y 19° norte, el espesor del prisma alcanza más de 15 km, así, los espesores corticales alcanzan valores de 26

km. frente a Ciudad del Carmen, Camp., hasta los 30 kilómetros como máximo, al sur del Estado de Campeche y norte de Guatemala. Al este y oeste el prisma sedimentario está contenido en el espacio rocoso delimitado respectivamente por el borde occidental de la plataforma (microplaca) de Yucatán; y por el borde oriental del Cañón de Veracruz. Hacia el norte el prisma se extiende bajo la zona abisal de Sigsbee con un espesor del orden de 17 km. y en el sur, se acuña hacia la zona orográfica del frente de las sierras del norte de Chiapas y Guatemala, donde el espesor desaparece y la corteza continental bajo esta zona montañosa, supera los 36 km. de espesor.

GET-04

RESULTADOS DE UN ESTUDIO SIMO-TECTÓNICO EN LA REGIÓN DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC, MÉXICO

Luis G. Velasquillo M.¹, Eric Barrier², Roland Gaulon³ y Mario Chávez G.⁴

¹ Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: lgvelas@imp.mx

² Université Pierre et Marie Curie, France

³ Institut de Physique du Globe de Paris, France

⁴ Instituto de Ingeniería, UNAM

El istmo de Tehuantepec está situado en el Sur-Este de México y al Norte de la Zona de Fracturas de Tehuantepec que subduce con la placa de Cocos debajo de la placa de América del Norte a la altura del golfo de Tehuantepec.

El estudio sismo-tectónico de la región del Istmo de Tehuantepec mostró que la estructura actual del Istmo resulta de la superposición de tres episodios tectónicos distensivos distintos que se produjeron desde el Mioceno superior (10 Ma.). El más antiguo tuvo lugar entre 10 y 8 Ma. Dejando por consecuencia una zona de ruptura mayor trans-ístmica a lo largo de un sistema de fallas normales orientadas N-S. Este sistema de fallas es responsable del basculamiento hacia el NW del Batolito de Chiapas y de la cadena plegada de la Sierra de Chiapas. Después de este episodio distensivo, dos episodios extensivos distintos se desarrollaron simultáneamente e independientemente, respectivamente en las regiones Norte y Sur del Istmo de Tehuantepec. Estos continúan activos. La extensión "multidireccional" puesta en evidencia por un estudio de las deformaciones de ruptura en el Norte del Istmo, se asocia a la evolución de la margen pasiva del Golfo de México, mientras que la extensión N-S a NNE-SSW, ligada con el desplome de la planicie costera de Tehuantepec al Sur del Istmo, esta asociada al proceso de subducción de la Zona de Fracturas de Tehuantepec. El trabajo de campo permitió poner en evidencia la presencia de fallas normales recientes N-S a NNE-SSW que marcan el límite occidental de la planicie de Tehuantepec y de la planicie costera Pacífica de América Central.

GET-05

ACTIVIDAD SÍSMICA EN EL ARCO VOLCÁNICO CENTROAMERICANO Y SU RELACIÓN CON LA SUBDUCCIÓN DE LA PLACA DE COCOS

Marco Guzmán Speziale y Juan Martín Gómez

Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro
E-mail: marco@geociencias.unam.mx

El arco volcánico centroamericano, originado por la subducción de la placa de Cocos bajo la del Caribe, es el sitio de ocurrencia de sismos tectónicos someros, de magnitudes hasta 6.5. Se ha demostrado en trabajos anteriores que estos eventos no están asociados a un mecanismo de subducción oblicua.

En este trabajo se determina el tensor de deformación sísmica de estos eventos, utilizando CMTs de la universidad de Harvard y datos de sismicidad histórica, desde el año de 1700. Este tensor es comparado con los tensores de deformación sísmica de eventos de subducción a lo largo de la margen Cocos-Caribe y eventos de extensión en la región de grabens del trasarco, en el norte de Centroamérica.

El tensor de deformación sísmica obtenido para el arco volcánico tiene una componente de extensión (vector característico o eigenvector mayor) con una dirección E-W y un valor de $2.5 \cdot 10^{-8}$ año⁻¹. La misma componente para los grabens tiene una dirección S19°E y valor de $2.1 \cdot 10^{-8}$ año⁻¹. La componente de compresión en el arco volcánico es N-S y $2.1 \cdot 10^{-8}$ año⁻¹. La compresión de los sismos de subducción Cocos-Caribe tiene una dirección N29°E y un valor de $4.0 \cdot 10^{-8}$ año⁻¹. La componente N-S es de $3.5 \cdot 10^{-8}$ año⁻¹.

Evidentemente, las componentes de compresión de subducción y del arco volcánico son similares, mientras que la extensión es prácticamente igual en el arco volcánico y en los grabens del trasarco. Por tanto, se concluye que un posible origen para los sismos tectónicos del arco volcánico centroamericano es la combinación de ambas componentes, compresiva y extensiva. Este estado de esfuerzos es resuelto como fallamiento lateral a lo largo del eje volcánico porque es una zona de corteza adelgazada y con un alto gradiente térmico.

GET-06

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS Y ESTRUCTURALES DEL SISTEMA DE FALLAS MORELIA-ACAMBAY, Y SUS IMPLICACIONES TECTÓNICAS

Ewa Szyndrak¹ y Víctor Hugo Garduño Monroy²

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: ews@uaemex.mx

² Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH

El sistema de fallas Morelia-Acambay (SFMA), orientado W-E, corta de manera longitudinal la parte central de la Faja Volcánica Mexicana (FVM). El SFMA controla la topografía, la

deformación y la sedimentación de la región desde el Mioceno. Aunque crucial para el desarrollo geológico de esta parte del país, varios aspectos del SFMA no se han aclarado hasta la fecha. Entre ellos figuran las razones de su formación, su cinemática, su actividad, su interacción con la estructura preexistente y su patrón de crecimiento en tiempo y espacio. Integrando los datos geomorfológicos y estructurales pretendemos acercarnos a la resolución de estas preguntas así como intentamos evaluar la interacción entre la topografía y la tectónica de esta parte de la FVM.

El análisis de la topografía consistió en el procesamiento e interpretación de los modelos digitales de elevación (MDEs) con resolución de 50 m y de archivos digitales de la red de drenaje. Con estos datos elaboramos las imágenes sombreadas con diferentes ángulos de iluminación, mapas altimétricos, de energía de relieve, pendientes y densidad de drenaje, así como los perfiles topográficos y perfiles longitudinales de los ríos. La fotointerpretación y la verificación de campo permitieron la identificación de los rasgos geomorfológicos a detalle, como los rasgos y depósitos asociados a los escarpes de fallas así como la elaboración de un mapa geomorfológico del área. El análisis estructural se basó en los datos de campo tales como mediciones de planos de fallas y sus indicadores cinemáticos, cronología de las diferentes fases de deformación, mediciones de la posición de estratos y observaciones estratigráficas.

La integración de los dos enfoques nos permite proponer lo siguiente: (1) La parte estudiada de FVM está sobrepuesta a bloques morfotectónicos hundidos y levantados, ellos bordeados por fallas transversales al SFMA y la FVM. Estas fallas están orientadas NNW-SSE y NE-SW, son más antiguas que el SFMA y al menos algunas de ellas son activas. (2) Las más importantes de ellas forman: (a) el borde occidental de la caldera de Los Azufres el cual divide regiones con diferente geometría de fallamiento y diferente basamento y (b) el borde entre la Sierra Madre Occidental (SMO) y la FVM, el cual divide regiones con topografía esencialmente diferente. (3) Basculamiento de la superficie topográfica y fuerte inclinación de estratos (localmente hasta 50° de echado) se observa sólo al oeste de la caldera de Los Azufres. Esto indica que el SFMA se compone de fallas lítricas en su parte occidental y de fallas planas en su parte oriental. Diferente basamento pre-volcánico y específicamente los contrastes litológicos en el basamento de la parte occidental y la falta de tales contrastes en el basamento de la parte oriental muy probablemente son responsables del cambio de la geometría del fallamiento. (4) Los datos cinemáticos indican que el SFMA se formó en contracción orientada NNE-SSW, principalmente como fallas laterales izquierdas con algunas fallas inversas asociadas, ambas con un desplazamiento incipiente, pero constante a todo lo largo de la FVM. El desarrollo posterior del sistema fue acompañado por el crecimiento del arco volcánico y por lo tanto el aumento de la elevación topográfica del mismo. Esto provocó que el movimiento de las fallas del SFMA se volviera predominantemente normal, interceptando el colapso gravitacional del arco. Actualmente, el sistema se desarrolla en

extensión ligeramente oblicua al rumbo del SFMA y FVM, orientada NNW-SSE. Sin embargo, dado que las fallas laterales e inversas cortan también (aunque en menor número) rocas del Pleistoceno medio-tardío y Holoceno, la contracción sigue influyendo el desarrollo del SFMA.

GET-07

ESTUDIOS DE DEFORMACIÓN Y PALEOSISMOLOGÍA EN LAS SECUENCIAS LACUSTRES ASOCIADAS AL SISTEMA DE FALLAS MORELIA-ACAMBAY, MÉXICO

Garduño-Monroy V.H. e Israde-Alcántara I.
 Depto. de Geología y Mineralogía, IIM, UMSNH
 E-mail: vgmonroy@zeus.umich.mx

A lo largo del Sistema de fallas Morelia-Acambay se han identificado segmentos que han presentado actividad sísmica reciente, sin embargo no existe un conocimiento del comportamiento sísmico de los segmentos en tiempos prehistóricos e históricos, ni tampoco de las recurrencias de ellos.

Trabajos de Paleosismología realizados en las áreas de Acambay, Mex., Los Azufres, Morelia y Pátzcuaro, Mich., han revelado que existieron eventos sísmicos estimados en 5 grados de magnitud y registrados en las secuencias lacustres de las zonas, ya sea a través de estructuras de licuefacción o de avalanchas de las secuencias lacustres. En la Ciudad de Morelia, en el segmento denominado de La Paloma, se reconoce hasta ahora un evento sísmico que está fallando a un paleosuelo con cerámica del periodo clásico. Por otro lado lavas del Quinceo-Las Tetillas con impresiones de Mazorcas son cortadas por la falla de Tarimbaro de dirección ENE-WSW, indicando también una actividad sísmica menor a 3000 años (edad del maíz mas antiguo).

En la región del lago de Pátzcuaro se han identificado cuando menos tres eventos sísmicos que ocurrieron después de 40,000 años. Al menos dos de estos eventos presenta un campo de esfuerzos compresivo generando plegamientos y corrimientos de las secuencias del Cuaternario. Otro de estos sismos genero una avalancha de 0.3104 Km^3 , que se desplaza a lo largo de un paleolago por mas de 5 km; considerando su volumen se estima que el sismo que la ocasiona tuvo una magnitud de 7.3 grados. En la misma zona un episodio magmático hace 8,000 años produce un levantamiento de mas de 40 m de secuencias lacustres, que seguramente trae una modificación absoluta en el régimen de sedimentación del lago.

Estudios de secuencias lacustres del Pleistoceno-Holoceno de la región de Acambay revelan una gran discordancia angular entre secuencias lacustres, la inferior con grandes pliegues y corrimientos de dirección NW-SE. Esta deformación compresiva fue observada en las regiones de Ixtlahuaca, Maravatio y Cuitzeo.

Los estudios de deformación de secuencias fluviolacustres Pliocuatnarias y de Paleosismicidad en aquellas prehistóricas e Históricas revelan una deformación con una componente compresiva importante de dirección NE-SW. La deformación plicativa en las secuencias lacustres genero pliegues volcados y corrimientos hacia el norte de varios metros.

GET-08

LOS PROCESOS DE SUBSIDENCIA-CREEP-FALLA EN LAS ANTIGUAS CUENCAS LACUSTRES DEL CENTRO Y NORTE DE MÉXICO

Garduño-Monroy V.H. y Arreygue Rocha Eleazar
 Depto. de Geología y Mineralogía, IIM, UMSNH
 E-mail: vgmonroy@zeus.umich.mx

El inicio de los 80's en algunas ciudades localizadas en antiguas zonas lacustres fue marcado por la aceleración un hundimiento diferencial o bien por la aparición de grietas a lo largo de los primeros años, después (en los 3 o 4 años sucesivos) estas grietas evolucionaron a una geometría de fallas normales que tienen una dirección paralela al fallamiento regional y que, una vez analizada la geología del subsuelo, se observo que corresponden con fallas regionales de tipo normal.

Al observar un plano de la Republica Mexicana donde se localizan las poblaciones que están sujetas a los Procesos de Subsistencia-Creep-Falla (PSCF) constatamos que existen dos zonas que obviamente responden al fracturamiento regional, al oriente en las ciudades de Puebla, Toluca, Querétaro, Celaya y Aguascalientes el PSCF está relacionado con estructuras NNO-SSE. Por otro lado al Poniente las poblaciones afectadas por el PSCF están sufriendo un fallamiento NE-SO, como es el caso de Morelia, Salamanca, Irapuato, Silao, San Guillermo, ligado al fallamiento del Cinturón Volcánico Mexicano.

En las ciudades de Querétaro, Aguascalientes y en Morelia (falla La Colina) se ha observado que las estructuras ligadas a los PSCF tienen relación a falla con registro sísmico actual o Histórico. Normalmente el PSCF es sísmico en todos los casos.

El PSCF en todas las poblaciones estudiadas muestra que además de ser lineal tiene zonas de influencia con una media de 20 a 50 metros en ambos lados de la falla, esta zona de influencia varia en función de la geometría de la falla. Las tasas de hundimiento se pueden dividir en tres grupos. En las poblaciones donde el PSCF se ha detenido casi totalmente (Tarimabaró, Mich), donde el PSCF tiene promedios de hundimiento entre 2 y 4 cm anuales (Morelia, Querétaro, Aguascalientes, Salamanca) y las zonas urbanas donde el PSCF varia entre 8 y 10 cm anuales (Celaya y Abasolo).

Los estudios de Gravimetría y Goeradar han mostrado que todas las estructuras que se observan en superficie son claras en las secuencias fluviolacustres (8m de profundidad) y son fallas del basamento relativo que articulo la distribución de los espesores de las secuencias sedimentarias lacustres.

Los daños también podrían ser catalogados, pero en dos tipos, en aquellos que afectan las obras civiles, por ejemplo en Morelia se han demolido mas de 80 viviendas. Y en daños a los acuíferos debido al rompimiento de tuberías de aguas negras e industriales (combustibles, agroquímicos, pesticidas, etc).

Normalmente las causas del PSCF es ligado a la sobreexplotación de acuíferos, sin embargo los factores de clima, geometría de la cuenca lacustre (fallas-sedimentación), tipos de recarga y diseño de pozo, son también responsables.

Es importante que este tipo de desastre, silencioso pero constante sea tomado en cuenta por los reglamentos de construcción de todas las ciudades que se desarrollan sobre antiguas cuencas lacustres, ya que hoy o mañana aparecerá el PSCF.

TECTÓNICA DE LA FVTM

GET-09

MODELOS GRAVIMÉTRICO DE LA ESTRUCTURA DEL GRABEN DE CITALA, JALISCO, MÉXICO

Kerén Mendoza-Cervantes, Carlos A. Mortera-Gutiérrez,
William L. Bandy y J. Urrutia-Fucugauchi
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: kerenmacs@yahoo.com

En los últimos 20 años, los estudios relacionados con estructuras de graben en el margen occidental de México han aportado datos y modelos tectónicos para entender el proceso de rift continental asociado a la subducción de estructuras oceánicas. Tres sistemas de grabenes (Chapala, Colima y Tepic-Zacoalco) conforman los límites del Bloque de Jalisco en la parte continental del margen occidental de México. Estos tres sistemas se intersectan en un punto cercano al extremo occidental del Lago de Chapala. La incertidumbre es si existe actividad en alguna de las dos estructuras que conforman al Sistema de Chapala, que alberga al graben de Citala y al graben de Chapala, y en cuál de estos grabenes se ubica el actual punto de triple unión de los sistemas de rifts de Jalisco. Para ayudar a resolver esta incertidumbre, se reporta por primera vez un perfil gravimétrico perpendicular a la estructura en la parte central del Graben de Citala con el propósito de determinar la geometría del graben, el grosor del relleno sedimentario en la cuenca y además examinar si este graben es una estructura desarrollada por la extensión de un rift. Las mediciones gravimétricas en el perfil fueron reducidas para la Anomalía Completa de Bouguer. Con base en los procesos de rift, que inducen fallamiento de tipo normal y adelgazamiento de la corteza como respuesta a esfuerzos extensionales, se calcularon los valores gravimétricos de dos modelos en 2D que fueron comparados con los valores observados a lo largo del perfil en Citala. Los resultados de la comparación indican que la estructura del graben: (1) requiere de una cuenca sedimentaria formada en dos episodios, (2) es simétrica, y (3)

está fracturada por fallas normales en ambos márgenes. Además este estudio propone la posibilidad de que la corteza del graben en Citala puede estar adelgazada por el calentamiento que es inducido a la misma debido al proceso de rift.

GET-10

NEOTECTONICA A LO LARGO DE LA FALLA TECHALUTLA: RIFT DE COLIMA, MÉXICO

R. Castillo¹, L. Valdivia-Ornelas¹ y J. Rosas-Elguera²

¹ Depto de Geografía, Universidad de Guadalajara
E-mail: rocasaja@yahoo.com

² Ciencias de la Tierra, Universidad de Guadalajara

El rift de Colima es el brazo N-S, que junto con el rift Tepic-Zacoalco de dirección NW-SE y el rift de Chapala de dirección E-W forma la llamada unión triple de Guadalajara. Se ha sugerido que el inicio de la extensión en el rift de Colima ocurrió con los primeros emplazamientos de lavas alcalinas alrededor de los 5 Ma (Allan, 1986). La actividad volcánica mas reciente ha ocurrido a lo largo del Complejo Volcánico Colima a lo largo de la falla Techalutla.

La falla Techalutla es una falla normal que buza hacia el oriente y limita al rift de Colima hacia el oeste. De acuerdo con los estudios gravimétricos esta falla tiene un desplazamiento vertical total de 2500 m y corta tanto a rocas cretácicas, formadas por una secuencia volcano-sedimentaria que es intusionada por un granito, como a rocas basálticas del Plioceno.

Para documentar la actividad reciente de la falla Techalutla se calculó el modelo digital de elevación (DME) a partir de los datos vectoriales de la carta topográfica 1:50,000 (INEGI), se realizó un análisis del modelo obtenido y se complementó con información de fotografía aérea escala 1:37,000 e imágenes de satélite.

Así mismo, para la elaboración de los modelos se utilizaron los sistemas: IDRISI, ARCVIEW e ILWIS, a partir de los resultados obtenidos se concluye que el algoritmo contenido en ILWIS genera mejores productos.

Nuestro análisis de los MDE y del trabajo de campo, sugieren que en el segmento estudiado de la Falla Techalutla las estructuras tienen una dirección N-S. Se trata de fallas normales asociadas a una dirección de extensión E-W y que afectan a los depósitos de talud. Estos resultados son consistentes con la actividad sísmica de la región que está asociada a sismos cuyos mecanismos focales evidencian una extensión E-W (Suárez *et al.*, 1994).

GET-11

GEOLOGY AND GEOCHRONOLOGY OF THE COTIJA HALF-GRABEN: TECTONIC IMPLICATIONS FOR THE GUADALAJARA TRIPLE JUNCTION, MEXICO

José Rosas-Elguera¹, V.H. Garduño-Monroy², A. Gogichaishvili³,
M. López-Martínez⁴, L. Alva-Valdivia³ y J. Urrutia-Fucugauchi³

¹ Ciencias de la Tierra, Universidad de Guadalajara

E-mail: jrosas@ccip.udg.mx

² Universidad de Michoacana

³ Lab. Paleomagnetismo, UNAM

⁴ Depto. de Geología, CICESE

The Cotija half-graben correspond to the intra-arc structure located in the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB). The later is a magmatic arc across central Mexico with an E-W trending. According to new geochronological data and field observations Two Tertiary volcanic units may be recognized: (1) an Oligocene-Miocene pyroclastic succession and (2) a Late Miocene mafic succession (the TMVB). The Cotija half-graben, is ~25 km long and 10 km wide and shows a N60°W trend. The Oligocene-Miocene volcanic succession, exposed in the southwestern part of the Cotija area, is ~300 m thick ash-flow tuff succession, reddish to brownish in color, with intercalated andesitic lavas. A sample, exposed in the valley of the Rio Huertas, of an andesitic lava flow was sampled for K-Ar dating yield 29.3 ± 1.5 Ma. This succession is covered by a ignimbrite about 10 km south of Cotija town. In this area the ignimbrite (dated as 26 Ma) is ~100 m thick, characterized by flat, yellow, partly welded ash flow tuff.

In the Cotija area, the TMVB is located to the north part of the area. Up to now, the mafic succession has only been documented to the north of the TMVB. At the Cotija half-graben, the TMVB is formed by basaltic-andesites and andesitic-basalt lava flows with individual thickness <10 m, forming plateau-like structures; deeply eroded volcanoes can be recognized as well. A thick (~20 m on average) weathered red to white cover is conspicuous characteristic of this area. Intercalated with the mafic succession is a ~50 m thick brownish arenaceous tuff that is a stratigraphic marker because of its broad distribution. Three volcanic samples from the Cotija half-graben area were collected for ⁴⁰Ar/³⁹Ar and K-Ar dating. Oldest one date is 9.17 ± 0.92 Ma whereas youngest one is 3.8 Ma.

A microtectonic study of the fault systems was carried out along the Cotija half-graben and Chapala rift. Geometry and sense of slip of a total of 125 striated faults were measured. They corresponds to Late Miocene - Pliocene period. The trend of the measured mesofaults displays a dominant SE direction in the Cotija half-graben, and E-W in Chapala rift. Although some faults shows a left-lateral component of motion most of them shows pitches higher than 45° and inclinations ranging between 45° and 75°, typical of normal faults. Paleo-stress tensors computed from fault slip data indicate an average 160° direction for the minimum principal stress.

Most of the late Miocene to Quaternary volcanism and deformation in western TMVB occurred along the Chapala, Tepic-Zacoalco, and Colima grabens. These structures join south of Guadalajara City forming a triple junction. Previously the triple junction was considered a consequence of a hot spot beneath Guadalajara area. An alternative interpretations can be advanced if we consider the structural characteristics of the northern-Colima and western-Chapala grabens and our new data along the Cotija half-graben. We suggest that northern-Colima graben and Western-Chapala graben (two arms of the triple junction) were formed because of the SE-motion of the Michoacan block as consequence of the oblique convergence of the Cocos plate relative to North America plate. Thus the triple junction is related to boundary forces plate.

GET-12

LA PALEOCUENCA AZTLÁN, ANTECESORA DE LA CUENCA DE MÉXICO

Silva-Romo G.¹, Martiny B.², Mendoza-Rosales C.¹, Nieto-Samaniego A.³, y Alaniz-Álvarez S.³

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

E-mail: silvarg@servidor.unam.mx

² Instituto de Geología, UNAM

³ Centro de Geociencias, UNAM

La Paleocuenca de Aztlán resulta de una visión retrospectiva y del registro estratigráfico cenozoico del sector oriental de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). De tal forma si bosquejamos la paleogeografía de dicho sector hace un millón de años, previa a la edificación de la cadena volcánica de la Sierra Nevada, y de los estratovolcanes Nevado de Toluca y La Malinche, se visualiza una cuenca que se extendía entre la Sierra de las Cruces y el lineamiento Cofre de Perote y Pico de Orizaba. Si nos remontamos temporalmente hasta el inicio del Plioceno, entonces retiraremos en nuestra reconstrucción a la cadena volcánica de la Sierra de la Cruces, con lo cual la cuenca bosquejada, se extendería al poniente hasta el lineamiento estructural Taxco-San Miguel de Allende. A esta enorme depresión la denominamos como Cuenca Aztlán.

Esta reconstrucción contradice la propuesta generalizada acerca de la formación de la Cuenca de México, que explica su origen por la obstrucción de un paleodrenaje hacia el sur; considerada válida aún después de la perforación por parte de PEMEX, de los pozos profundos Copilco I, Roma I, Tulyehualco I y Mixhuca I, que generaron información de subsuelo de la Cuenca de México, y cuyo registro, junto con el propio del Pozo Texcoco atestiguan una depresión tectónica de orientación general oeste-este constreñida por los afloramientos precenozoicos tanto hacia el norte como al sur.

De acuerdo a la información isotópica disponible y del registro estratigráfico de las secuencias fluvio-lacustres al sur de la Sector oriental de la FVTM, se puede bosquejar una etapa inicial de formación de La Cuenca de Aztlán hacia el Eoceno? - Oligoceno inferior, en la cual la extensión de la Cuenca se restringía al sector México-Puebla. Hacia el Mioceno medio

(15.2 $\pm$ 0.7 Ma.) la depresión incluía al área de Tlaxcala, en donde se acumulaban los sedimentos lacustres de Tlaxcala. La máxima extensión de la Cuenca de Aztlán ocurrió hacia el Mioceno tardío – Plioceno con la incorporación de la Región de la actual Cuenca de Oriental.

La formación de la cuenca de Aztlán fue contemporánea con la deformación de la región meridional de México en donde la reactivación de antiguos sistemas de la falla, principalmente con deslizamiento lateral izquierdo durante el Eoceno-Oligoceno, generó las cuencas tectónicas de Taxco, Tehuiztingo y de Yanhuatlán-Huajuapán.

GET-13

MODELADO GRAVIMETRICO DE LA ESTRUCTURA DE LA CUENCA DE MEXICO

F. Rodriguez Chavez y J. Urrutia Fucugauchi
Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: juf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

Se reportan los resultados del estudio de la estructura profunda de la cuenca de México por medio del modelado de anomalías gravimétricas. Una de las dificultades en la construcción de modelos de gravimetría es la falta de unicidad en las soluciones, lo que requiere de datos independientes adicionales derivados de estudios geológicos y geofísicos. Para la construcción de los modelos se utilizó la información obtenida en las perforaciones profundas (litología y registros geofísicos) y las líneas de vibroseis. En este estudio se seleccionaron doce perfiles, siete este-oeste y cinco norte-sur que cruzan toda la cuenca y que incorporan los datos de pozos (Copilco-1, Tulyehualco-1, etc y pozos de CFE y CNA) y sísmicos (en los que se identificaron tres contactos hasta una profundidad de 4 km). Las columnas litológicas se examinaron y las unidades se agruparon en la secuencia carbonatada Cretácico que forma el basamento local, unidad volcánica inferior, unidad volcánica inferior, secuencia lacustre y las unidades volcánicas expuestas correspondientes a los diferentes aparatos volcánicos dentro de la cuenca y formando sus límites. Los modelos apoyan la ocurrencia de una topografía del basamento calcáreo sobre la cual se acumularon las unidades volcánicas, con desniveles de hasta 2 km (en la zona del Cerro de la Estrella). Para los doce perfiles, se construyeron diferentes modelos variando la geometría y los contrastes de densidad. En el caso de las unidades volcánicas inferior y superior la densidad equivalente depende de la proporción relativa de lavas y depósitos piroclásticos. Las columnas litológicas y los datos de registros geofísicos de pozo indican variaciones laterales fuertes en la cuenca y una naturaleza heterogénea en las unidades volcánicas. Los diferentes modelos se analizan y evalúan en términos de un modelo geológico tectónico de estructura de la cuenca.

GET-14

ESTRATIGRAFÍA Y TECTÓNICA DE LA CUENCA DE LA CIUDAD DE MEXICO Y AREAS COLINDANTES

Luca Ferrari¹, Manuel Mena², Margarita López Martínez³, Jorge Jacobo Albarrán⁴, Gilberto Silva Romo⁵, Claudia Mendoza Rosales⁵ y Norma Gonzalez Cervantes¹

¹ Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro, Qro., México

E-mail: luca@geociencias.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

⁴ Gerencia de Geociencias, Instituto Mexicano del Petróleo, México, D.F.

⁵ División de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM

Para documentar la tectónica y la estratigrafía de la parte central de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM) en la región de la Ciudad de México hemos iniciado un estudio que integra la geología superficial, la interpretación de la más completa base de datos gravimétricos disponible y la información procedente de los pozos profundos perforados en la cuenca de México. De estos últimos se están obteniendo nuevas edades Ar/Ar para confirmar las que existen en la literatura. La región de estudio se caracteriza por la presencia de una espesa secuencia volcano-sedimentaria continental Cenozoica a la que subyace un basamento constituido esencialmente por calizas del Cretácico superior. En la secuencia Cenozoica se pueden reconocer por lo menos cuatro episodios volcánicos principales: 1) Rocas volcánicas del Oligoceno encontradas solo en el pozo Texcoco y que podrían correlacionarse con el volcanismo de la región al norte de Valle de Bravo y el de la Caldera de Buenavista-Tilzapotla. 2) Coladas basálticas y andesíticas del Mioceno inferior (23.3 a 21.7 Ma) encontradas en los pozos Copilco, Mixhuca y Texcoco y en la parte basal de la Fm. Tepoztlán en Malinalco. Este episodio se correlaciona con el último pulso volcánico reconocido recientemente en la parte sur de la Sierra Madre Occidental y en la región de Cotija y Morelia, Mich. 3) Lavas andesíticas del Mioceno medio (~15 a ~9 Ma) se encontraron en todos los pozos y en la parte norte de la cuenca (Sierra de Guadalupe, estratovolcanes andesíticos de Apan, Hgo. y Chapa de Mota, Edomex) y parecen constituir la alimentación de la parte superior de la Fm. Tepoztlán. Este volcanismo marca el inicio de la FVTM y se ha reconocido en toda su parte central y oriental. 4) Lavas máficas procedentes en gran medida de centros monogenéticos y derrames andesíticos y dacíticos de volcanes poligenéticos con edades del Plioceno superior al Presente (Sierra de las Cruces, Sierra Chichinautzin, Telapón, Iztaccihuatl, Popocatepetl etc.). Los datos disponibles indican claramente la existencia de un hiatus en la actividad volcánica al final del Mioceno y en el Plioceno inferior. Este hiatus es corroborado por la estratigrafía de los pozos, que para este periodo presentan varios cientos de metros de depósitos volcánoclasticos, areniscas y arcillas.

La gravimetría y la información de subsuelo indican que gran parte de la secuencia volcano-sedimentaria Cenozoica está contenida en una depresión tectónica de orientación este-oeste escarbada en las calizas Cretácicas y en la que se asienta la Cd. de México. La depresión tiene como límite occidental a fallas NNO-SSE paralelas al sistema Taxco-Querétaro que subyacen a la Sierra de las Cruces. Otra falla normal NNO-SSE separa en dos la cuenca de la Cd. de México. Al sur la cuenca está limitada por un sistema E-O que pasa por el Nevado de Toluca, la Sierra Chichinautzin y el Popocatepetl (conocido localmente como sistema de fallas de La Pera). Tanto la gravimetría como la información de los pozos indican que, en su conjunto, el sistema E-O hunde más de 2 km hacia el norte las calizas Cretácicas, contrariamente a lo que se había sugerido en pasado acerca del sistema de fallas de La Pera. En efecto todas las fallas visibles en la superficie son consistentes con esta interpretación. Fallas normales E-O son reportadas en la literatura en la región de Tenango y se pueden observar en varias localidades entre Cuernavaca y Malinalco. La cuenca debe haber iniciado a formarse entre el Oligoceno y el Mioceno temprano y debe haberse rellenado completamente para el Plioceno. La construcción de la Sierra Chichinautzin en el Cuaternario volvería a cerrar la cuenca hacia el sur, produciendo una sedimentación lacustre.

GET-15

EVOLUCIÓN DE LAS FALLAS MAYORES EN LA HOJA LA ESTANCIA (F14C76, INEGI) ESCALA 1:50 000, ESTADO DE QUERÉTARO, MÉXICO

Oscar Gabriel Dávalos Álvarez y Ángel Francisco Nieto Samaniego

Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro
E-mail: odavalos@geociencias.unam.mx

El estudio abarca una zona ubicada entre las provincias geológicas Sierra Madre Occidental y Faja Volcánica Transmexicana, al sureste de la ciudad de Santiago de Querétaro, capital del estado de Querétaro.

La estratigrafía reportada para el área es, la andesita Vaquerías (5.6 Ma); lavas y brechas intermedias (pliocénicas); riolita pliocénica y riolita Galindo (4.8 Ma); ignimbrita Amealco (4.7 Ma); ignimbrita Huimilpan (3.4 Ma); riolita El Rincón (2.9 Ma); rocas volcánicas indiferenciadas (terciarias y cuaternarias); flujos máficos y conos de escoria-ceniza (cuaternarios). Las edades fueron determinadas por el método K-Ar (Aguirre-Díaz, 1996, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas).

En este trabajo se redefinió la estratigrafía documentándose dos unidades más, una anterior a la Andesita Vaquerías, la cual es una roca de composición intermedia, con fenocristales de feldespato K, algunas plagioclasas y pocos máficos, se la observó muy fracturada, siendo cubierta e intrusionada por lavas de la andesita Vaquerías, se la denominó como dacita La Cuesta. La segunda reposa sobre la andesita

Vaquerías y subyace a la ignimbrita Amealco, se trata de una roca intermedia a máfica, con fenocristales de hornblenda, se la denominó como andesita Santa Isabel.

Con la estratigrafía se reconstruyó la historia geológica de los sistemas de fallas mayores que existen en la zona. Esto con la finalidad de poder relacionar su actividad con eventos regionales. En el área de estudio existen dos sistemas principales que se intersectan, ambas estructuras tienen un movimiento de tipo normal y son representados por dos sistemas de fallas ubicados en el sector norte-poniente de la carta.

En este trabajo se documenta la actividad de los dos sistemas de fallas, a los cuales denominamos falla Lagunillas-Huimilpan de rumbo N30°W y falla La Cuesta de rumbo N75°E. Alaniz-Álvarez *et al.* (2001, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas) documentan estas fallas como falla Querétaro-Sur (N22°W) y falla Huimilpan (N80°E); la primera con actividad posterior a los 5.3 Ma; la segunda con actividad más reciente y la consideran como el límite de la estructura NW-SE.

A la falla La Cuesta con una orientación N75°E, hundimiento de entre 100 y 150 m, se le estimó una edad anterior a 4.7 Ma, ya que esta falla aparece cubierta por la ignimbrita Amealco. Para la falla Lagunillas-Huimilpan hemos documentado dos fases de actividad. La primera fase de deformación corresponde al segmento norte, éste cuenta con 7 km de longitud y un salto de entre 250 y 300 m. A lo largo de su traza se emplazaron una serie de cuerpos volcánicos de las andesitas Santa Isabel y es cortada por la falla La Cuesta, lo cual le asigna una edad anterior al emplazamiento de la andesita Santa Isabel. La segunda fase de deformación, registrada en el segmento Sur, el cual cuenta con 4 km de longitud y un salto de 15-20 m, tiene una edad posterior a 3.4 Ma, ya que afecta a la ignimbrita Huimilpan. Ese sector constituye una terminación de falla.

GET-16

ANÁLISIS DE FRACTURAMIENTO DE LA SIERRA DE LAS CRUCES

Morales-Barrera W.¹ y García-Palomo A.^{1,2}

¹ Servicio Geológico Metropolitano
E-mail: wnymora@hotmail.com

² Instituto de Geología, UNAM

La Sierra de las Cruces (SC) se localiza en el sector Central del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, en un área delimitada por las coordenadas 99°40', 99°00'W y 18°45', 20°00'N; con una longitud aproximada de 110 km y un ancho entre 45 a 25 km; la parte más alta la constituye el Cerro el Muñeco con 3860 msnm. La edad de la SC varía del Mioceno tardío al Pleistoceno. La Sierra de las Cruces separa a las Cuencas de México y Toluca.

De acuerdo al análisis geológico, estructural, morfológico y estratigráfico se ha dividido a la SC en tres principales zonas: la región Norte que comprende el Campo Volcánico Sierra de las Cruces, el Sector Taxhimay y Poza Honda; la región Centro donde se encuentran el Complejo volcánico San Miguel y la región Sur constituida por los volcanes la Corona y Zempoala.

La Sierra de las Cruces esta afectada por tres direcciones preferenciales de fracturas y fallas las cuales son: el sistema de fallas y fracturas N-S, con un rumbo que varía entre N15°W a N15°E, este predomina en la zonas Norte y Sur donde presenta arreglos en echelón, escalonados y ligeramente anastomosados y con una inclinación de sus planos predominantemente hacia el W. El segundo sistema de fallas y fracturas tiene un rumbo que varía entre N45°E a N65°E. Este sistema se presenta predominantemente en la porción central de la SC, donde se caracteriza por un arreglo de fallas y fracturas paralelas ligeramente anastomosadas, de longitudes cortas. Por último, se presenta el sistema de fallas y fracturas E-W que afectan a toda la Sierra de las Cruces, y el cual se caracteriza por longitudes cortas, con arreglos paralelos, que definen zonas específicas de cizallamiento. El buzamiento de las fallas es tanto al Norte como hacia el Sur.

El análisis de fracturamiento y fallamiento de la Sierra de las Cruces permitirá establecer un nuevo modelo de evolución estructural para la SC y para la Cuenca de México; además de poder zonificar las regiones susceptibles a sismos, deslizamientos y zonas de recarga.

GET-17

RECONOCIMIENTO DE LA CORTEZA CONTINENTAL BAJO LOS GRANDES ESTRATOVOLCANES DE LA FAJA NEOVOLCÁNICA MEXICANA: EVIDENCIAS ISOTÓPICAS

Schaaf P.¹, Martínez-Serrano R.¹, Solís-Pichardo G.²,
Hernández-Treviño T.¹, Morales-Contreras J.J.¹, Hernández-
Bernal M.S.², Valdez-Moreno G.¹, Castro-Govea R.¹, Siebe C.¹
y Carrasco-Núñez G.³

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: pschaaf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Instituto de Geología, UNAM

³ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro,
Qro.

El volcanismo Plio-Quaternario de la Faja Neovolcánica Mexicana (FNM) cubre con sus productos magmáticos casi por completo la litología paleo-FNM. La única manera directa para reconocer la composición de la corteza continental debajo de la FNM es la información conservada en xenolitos. Sin embargo, hasta el momento sólo en secuencias de pómez del volcán Popocatepetl se han encontrado inclusiones graníticas, metapelíticas y de tipo skarn como evidencia para una corteza de rocas carbonatadas bajo del Popocatepetl, de la cual una parte posiblemente pertenece a la Formación Morelos.

La otra manera indirecta para identificar la composición de la corteza es el análisis isotópico de Sr,Nd y Pb de las secuencias magmáticas de la FNM. En este trabajo, el enfoque se fijó a la investigación isotópica de los grandes estratovolcanes de la FNM: Los volcanes de Colima, Nevado de Toluca, Popocatepetl, Malinche y Pico de Orizaba.

Los valores isotópicos más primitivos se obtuvieron de las rocas calcoalcalinas del Volcán de Colima con parámetros e-Nd entre +6 y +7 y 206Pb/204Pb entre 18.57 y 18.59, significativo para una corteza joven y primitiva sin grandes rasgos de diferenciación y asimilación. Por otro lado, el Pico de Orizaba en la parte Este de la FNM muestra los valores mas evolucionados de e-Nd entre -2 y +2 y 206Pb/204Pb entre 18.65 y 18.82, lo cual puede ser interpretado como consecuencia de asimilación de material grenvilliano del microcontinente Oaxaquia en esta región. Las muestras de la Malinche tienen valores de e-Nd entre -4 y +2 y 206Pb/204Pb de 18.56, los del Popocatepetl se encuentran entre +3 y +5 y 18.62 y 18.7, y los del Nevado de Toluca entre +4 y +5.5 y 18.55 y 18.62, respectivamente.

Se presenta una disminución de los valores e-Nd del Este al Oeste de la FNM, reflejando una dominante presencia de componentes corticales antiguas y posiblemente grenvillanas en el Este, calizas de la Formación Morelos debajo del Popocatepetl y una corteza joven y primitiva en la región de Colima. Las condiciones debajo del Nevado de Toluca y de la Malinche se pueden considerar como de composición intermedia entre los 3 componentes mencionados anteriormente.

GET-18

LA "PROVINCIA ALCALINA ORIENTAL" REVISITADA I: GEOLOGIA REGIONAL

Luca Ferrari¹, Ma. Teresa Orozco Esquivel¹, Takahiro Tagami²,
Mugihiko Eguchi², Chiara Petrone³ y Jorge Jacobo Albarrán⁴

¹ Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro,
Qro., México

E-mail: luca@geociencias.unam.mx

² Department of Geology and Mineralogy, Division of Earth and
Planetary Sciences, Kyoto University, Japón

³ Dipartimento Scienze della Terra, Università degli Studi di
Firenze, Italia

⁴ Gerencia de Geociencias, Instituto Mexicano del Petroleo,
México, D.F.

La "Provincia Alcalina Oriental" (PAO) fue definida por Robin en la década de los setenta como una franja de burda dirección norte-sur que bordea el Golfo de México desde Coahuila y Tamaulipas hasta el campo volcánico de Los Tuxtlas en el sur de Veracruz. En el modelo de este autor la PAO estaría constituida por un volcanismo de tipo intraplaca provocado por una tectónica extensional relacionada con el Golfo de Mexico y que tendría una migración de norte a sur desde el Oligoceno hasta el Presente. Los escasos estudios realizados en las décadas siguientes no han cuestionado de

manera sustancial esta interpretación un tanto simplista, con excepción de los trabajos de Nelson y Craver sobre Los Tuxtlas que sugieren mas bien una relación de este campo volcánico con la subducción.

Para esclarecer la naturaleza y el origen de este volcanismo y sus relaciones con la Faja Volcánica Trans-Mexicana hemos emprendido un estudio geológico, geocronológico, geoquímico e isotópico de la parte meridional de la PAO en los estados de Veracruz y este de Hidalgo y Puebla. Un análisis de la literatura existente y los datos de campo y geoquímicos recabados hasta la fecha permiten reconocer 5 áreas volcánicas que se describen a seguir. 1) Coladas de basaltos alcalinos de las estribaciones de la Sierra Madre Oriental entre Tlanchinol y Huautla con edades de entre 7.4 a 6.5 Ma. Se trata de coladas masivas que rellenaron valles profundos y fluyeron por hasta 30 km hacia la planicie de la costa. 2) Basaltos intraplaca del campo volcánico de Álamo y la Sierra de Tantima. El primero está constituido por alrededor de 50 cuellos volcánicos que en algunos casos muestran diques de alimentación con dirección NE. La Sierra de Tantima es un complejo volcánico lineal también alineado NE. No existen edades de este grupo pero 12 nuevas determinaciones K-Ar están en proceso. 3) Coladas de las estribaciones de la Sierra Madre Oriental de la región de Poza Rica. Se trata de coladas de basalto con firma de subducción moderada y gran volumen que fluyeron por más de 80 km desde la región de Huauchinango hacia la planicie costera. Existe una sola edad de 5.9 Ma para estas rocas pero 7 nuevas edades están en proceso. 4) Mesetas de basaltos intraplaca de la región de Chiconquiaco-Palma Sola con edades de entre 9 y 3.7 Ma. 5) El campo volcánico de Los Tuxtlas, que presenta una primera fase alcalina intraplaca entre 7.9 y 3.4 Ma y una actividad más reciente con mayor influencia de la subducción.

Entre el campo volcánico de Palma Sola y de Los Tuxtlas se encuentra el complejo volcánico submarino del Alto de Aneгада. Este fue perforado por tres pozos petroleros y detectado en algunas líneas sísmicas realizadas por PEMEX. El Alto de Aneгада está formado por basaltos alcalinos intraplaca muy semejantes a la primera etapa del volcanismo de Los Tuxtlas y al de Palma Sola. También tendría una edad del Mioceno superior de acuerdo a las relaciones estratigráficas inferida por la sísmica.

Las edades disponibles y la semejanza geoquímica sugieren que, más que una migración hacia el sur del volcanismo, se asiste a un único evento máfico del Mioceno superior que afecta una faja casi continua desde Huautla-Tantima hasta Los Tuxtlas. Un total de 27 edades K-Ar que se presentarán en la reunión y estudios geoquímicos e isotópicos en proceso probarán si esta hipótesis es correcta.

GET-19

LA PROVINCIA ALCALINA ORIENTAL REVISITADA II: GEOQUÍMICA DE LAS COLADAS DE LAS ESTRIBACIONES DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL Y PLANICIE DEL GOLFO EN EL NORTE DE VERACRUZ Y NORESTE DE HIDALGO

Ma. Teresa Orozco-Esquivel y Luca Ferrari
Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro,
Qro., México
E-mail: torozco@geociencias.unam.mx

En el marco un estudio geológico, geoquímico y geocronológico de la parte meridional de la denominada "Provincia Alcalina Oriental" presentamos aquí los resultados de un estudio de elementos mayores y traza de rocas volcánicas que afloran en la Planicie Costera, entre Poza Rica y Tantima, Ver. Los resultados indican un cambio en la composición química de las lavas ocurrido probablemente en el Mioceno tardío.

En la porción norte del área se estudiaron los flujos de lava de la Sierra de Tantima, los cuellos volcánicos del denominado campo volcánico de Álamo y las mesas basálticas localizadas al oeste de estos afloramientos, hacia la Sierra Madre Oriental (SMO), entre Huautla y Tlanchinol, Hgo. Las edades reportadas indican una edad del Mioceno tardío para estas rocas.

En la porción sur del área, al W y NW de Poza Rica, Ver., se estudiaron flujos de lava emitidos en el borde de la SMO que forman mesetas de gran extensión. Los pocos fechamientos publicados indican que las mesetas de Poza Rica son más jóvenes que las descritas de la porción norte, con una probable edad del Mioceno tardío a Plioceno medio.

Las rocas de la porción norte presentan un rango de composición que incluye términos primitivos ($\text{SiO}_2=43.0\text{-}49.8\%$ en peso, $\# \text{Mg}=34.5\text{-}75.0$, $\text{Cr}=6\text{-}501$ ppm) con composición de basanita/tefrita-basalto-hawaiita-fonotefrita, observándose dentro de este grupo que las rocas de la Planicie Costera (Sierra de Tantima y cuellos volcánicos) son mayormente subsaturadas en sílice (normativas en nefelina); mientras que hacia la SMO las rocas tienden a ser saturadas en sílice (normativas en hiperstena). Las rocas que forman las mesetas de Poza Rica son basaltos y hawaiitas saturados a ligeramente sobresaturados en sílice (normativas en hiperstena o cuarzo), con un estrecho rango de composición y ausencia de términos primitivos ($\text{SiO}_2=47.3\text{-}48.0\%$ en peso, $\# \text{Mg}=50.4\text{-}61.2$, $\text{Cr}=4\text{-}52$ ppm).

El contenido de elementos traza indica que las rocas de la Sierra de Tantima y los cuellos volcánicos del campo de Álamo son del tipo OIB, presentando alto contenido de Nb (33-90 ppm), bajo Ba/Nb (6.7-8.1) y Zr/Nb (3.7-6.5), así como enriquecimiento en elementos de las tierras raras ligeras (La/Yb=14.6-28.5). La composición de las rocas se puede modelar por fusión parcial de bajo grado de una lherzolita con composición enriquecida tipo OIB que contenga granate y

anfíbol como fases residuales. Las rocas de las mesas de Huautla-Tlanchinol tienen en general una composición similar, aunque se observa que están ligeramente más enriquecidas en los elementos litófilos grandes (LILE) con respecto a los elementos de alto potencial iónico (HFSE) ($Ba/Nb=6.6-11.3$), lo cual probablemente se puede atribuir a contaminación cortical ya que estas rocas ascendieron a través de una corteza de mayor grosor.

El contenido de elementos traza en las rocas de las mesas de Poza Rica es claramente diferente con contenidos bajos de Nb (16-22 ppm), alto Ba/Nb (10.7-23.3), alto Zr/Nb (10.5-16.1) y con un patrón de tierras raras más plano ($La/Yb=6.5$). La composición de estas rocas indica un origen por grados de fusión mayores de un manto enriquecido, sin la participación de granate o anfíbol residual. Las altas relaciones de LILE/HFSE observadas en estas rocas se consideran típicas de magmas asociados de subducción.

GET-20

MIOCENE SLAB DETACHMENT EVENTS IN CENTRAL MEXICO: CAUSES AND CONSEQUENCES

Luca Ferrari

Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.
E-mail: luca@geociencias.unam.mx

I propose that the lower part of the Farallon slab subducted beneath Mexico has detached twice during the Miocene in order to explain the episodic volcanic record of central Mexico and several geodynamic changes in the region. Initiation of slab detachment beneath Mexico must have occurred as a consequence of the approach of the East Pacific Rise (EPR) to the paleotrench west of Baja California because of the increasing buoyancy of the incoming crust and, eventually, the capture of the Farallon remnants (Morro, Arguello, Guadalupe and Magdalena microplates) by the Pacific plate that produced a retrograde motion of the shallow part of the slab. Because the trench was oblique with respect to the EPR segments this process progressed southward from southern California to the tip of Baja California from 28.5 to 12.5 Ma. Major events of microplate capture at 24-20 Ma and 12.5 Ma correlate with initiation of detachment events. Unlike slab detachment triggered by the arrival of continental lithosphere at the trench (e.g. the Mediterranean area) subduction in Mexico has continued along part of the trench after the detachment.

A first consequence of slab detachments is the influx of hotter and geochemically enriched sub-slab material into the slab-free area. Our first integration of the geology of the whole central Mexico reveals a number of features that support the detachment model and allow inferring the location through time of these events. A first detachment of the lower part of the Farallon slab is proposed to have begun shortly before the contact between the Pacific and North America plate at ~28.5 Ma. A tear in the slab propagated SSE and produced a transient thermal anomaly that resulted in partial melting of the

crust, ignimbrite flare up and extension at ~24-20 Ma in the southern Sierra Madre Occidental (Ferrari *et al.*, 2002, Tectonics). A second detachment event is inferred as a result of the end of subduction of the Magdalena microplate at 12.5 Ma. In this case the slab detached from the southern Gulf of California toward the ESE, paralleling the southern Mexico trench system. This event is considered to have caused an eastward migrating mafic pulse of volcanism, presently observed in the northern part of the TMVB between 11 and 7 Ma (Ferrari *et al.*, 2000, Tectonophysics) along the propagating tear that passed beneath Tepic, Guadalajara, Los Altos de Jalisco, Queretaro, Pathé-Aljibes and, possibly, the Tlanchinol-Tantoyuca, Alamo-Tantima and Huauchinango-Poza Rica areas (northern Veracruz) of the so-called "Eastern Alkaline Province". A further propagation of the detachment to the SSE in latest Miocene-early Pliocene could have produced the alkaline volcanism of the Palma Sola, Alto de Aneгада and Los Tuxtlas, as slab detachment is now proposed to have occurred between 10 and 3.8 Ma in northern Central America (Rogers *et al.*, Geology, in press).

Slowing convergence of the Rivera and Cocos plate with respect to North America at ~10 Ma is a likely consequence of the loss of slab pull following the last detachment event. The geochemically heterogeneous mantle and the thermal anomaly detected by several studies beneath the TMVB, as well as the occurrence of OIB volcanism since the end of Miocene could be explained by the influx of enriched asthenospheric material into the gap formed by the detachment. A further consequence predicted by numerical modeling of slab detachment is an uplift of the forearc region, which is presently being investigated. The region underlain by the slab free area should also experience epeirogenic uplift because of the flux of asthenosphere at shallow depth. This could be the reason for post 10 Ma uplift of the Teziutlan-Palma Sola area and of the margin of the Sierra Madre Oriental in the Huejutla de Reyes area.

GET-21

ACCRETIONARY PRISM IN THE MEXICAN SUBDUCTION ZONE INFERRED FROM GRAVITY MODELING

M. Manea, V.C. Manea and V. Kostoglodov
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: marina_manea@yahoo.com

The subducting Cocos and Rivera plates are very young (< 17 Ma), as a result they are covered typically with a relatively thin layer (170-200m) of pelagic and hemipelagic sediments [Moore *et al.* 1982]. Nevertheless, the accretionary prism at Middle America Trench (MAT) is essential, as the subduction contact and the coupling between the continental granites and the oceanic crust may depend on the size of the accretionary prism. The difference between the locations of the observed free-air gravity forarc low and bathymetric minimum (trench) provides the way to estimate the sediment thickness in the accretionary prism. We processed 16 gravity profiles crossing the MAT at the right angle. The profiles are distributed

uniformly from the southern Oaxaca up to the northern Jalisco. We found that the bulk of the accretionary prism decreases from the South up to the North along the MAT, which means that the contact between continental granite and oceanic basalts come closer to bathymetrically defined MAT. This is not surprising because the plate age along MAT (to the North) decreasing from 16.8 My (Southern Oaxaca) to ~10 My (Northern Jalisco), meaning that less oceanic sediments were deposited over the younger oceanic plate, and the accretionary prism diminishes. The variation between the bathymetric trench and the point of plate contact varies from ~15 km in southern Oaxaca to ~1 km in northern Jalisco. The strong coupling between the continental and oceanic plates should not exist right beneath the accretionary prism. This might be a controlling factor on the up-deep limit of the seismogenic-coupled zone. For example, the coupled zone in Oaxaca can be shorter up to 15 km.

GET-22

TEMPERATURE MODELS FOR THE MEXICAN SUBDUCTION ZONE

V.C. Manea¹, V. Kostoglodov¹, C.A. Curie^{2,3}, M. Manea¹, and K. Wang^{2,3}

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: vldy@ollin.igeofcu.unam.mx

² School of Earth and Ocean Sciences, University of Victoria, Victoria, B.C., Canada

³ Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada, Sidney, B.C., Canada

It is well known that the temperature is one of the major factors which controls the seismogenic zone. The Mexican subduction zone is characterized by a very shallow flat subducting interplate in its central part (Acapulco, Oaxaca), and deeper subduction slabs northern (Jalisco) and southern (Chiapas). It has been proposed that the seismogenic zone is controlled, among other factors, by a temperature. Therefore, we have developed four two-dimensional steady state thermal models for Jalisco, Guerrero, Oaxaca and Chiapas. The updip limit of the seismogenic zone is taken between 100°C and 150 °C, while the downdip limit is thought to be at 350°C because of the transition from stick-slip to stable-sliding. The shape of the subducting plate is inferred from gravity and seismicity. The convergence velocity between oceanic and continental lithospheric plates is taken as the following: 5 cm/yr for Jalisco profile, 5.5 for Guerrero profile, 5.8 for Oaxaca profile, and 7.8 for Chiapas profile. The age of the subducting plates, since they are young, and provides the primary control on the forearc thermal structure, are as the following: 11 My for Jalisco profile, 14.5 My for Guerrero profile, 15 My for Oaxaca profile, and 28 My for Chiapas profile. We also introduced in the models a small quantity of frictional heating (pore pressure ratio 0.98). The value of 0.98 for pore pressure ratio was obtained for the Guerrero profile, in order to fit the intersection between the 350°C isotherm and the subducting plate at 200 Km from trench. The value of 200 km coupling zone from

trench is inferred from GPS data for the steady interseismic period and also for the last slow aseismic slip that occurred in Guerrero in 2002. We have used this value of pore pressure ratio (0.98) for all the other profiles. For the others three profiles we obtained the following coupling extents: Jalisco–100 km, Oaxaca–170 km and Chiapas–125 km (from the trench). Independent constraints of the thermal models come from the surface thermal measurements (offshore-Prol-Ledesma *et al.* (1989) and onshore-Ziagos *et al.* (1985)). Unfortunately these measurements are very sparse, and present an important dispersion and have large uncertainties. In our models, all profiles show a decrease in heat flow from the trench towards the continent, which is characteristic for subduction zones. We also have included a mantle wedge flow current in order to keep a constant depth to the lithosphere-asthenosphere boundary. This mantle wedge convection provides an increase in heat flow near the volcanic arc which is consistent with the surface observations. Our models indicate that the seismogenic zone in Mexico comprised between 100°C and 350°C is in good agreement with the coseismic rupture width inferred from the megathrust earthquake aftershocks and seismic models of rupture. These thermal models will be used to calculate the thermal stresses induced by the subducting plate.

GET-23

BATHYMETRY AND SEAFLOOR REFLECTIVITY OF THE RIVERA TRANSFORM: IMPLICATIONS FOR RIVERA-PACIFIC RELATIVE PLATE MOTION

W.L. Bandy, F. Michaud, C.A. Mortera-Gutierrez, J. Bourgois, J.Y. Royer, T. Calmus, J. Ortega-Ramirez, J. Dymet, M. Sosson, B. Pontoise and M. Rebolledo Vieyra
Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: bandy@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
UMR, Geosciences Azur, CNRS, IRD-LGTE

The relative motion between the Rivera and Pacific plates is currently the subject of debate. To resolve this debate, multibeam bathymetry and seafloor reflectivity data was collected along the entire extent of the Rivera Transform during project BART (BATHymetry of the Rivera Transform); funded by CONACyT and CNRS. The survey was conducted in April 2002 aboard the N/O L'ATALANTE employing a dual Simrad EM-12 system. These data were processed by IFREMER during the survey, producing a grid of bathymetric values (grid spacing 200m x 200m) and a mosaic of the seafloor reflectivity data.

The transform displays four distinct morphotectonic zones. East of 107.1W the transform is, for the most part, marked by a narrow, continuous trough. Between 107.1W and 109.27W the transform zone is marked by a broad, deep basin. Within this basin east of 108.58W, the morphology is indicative of seafloor spreading/crustal extension. Surface magnetic data does not clearly delineate the location of the spreading axis, nor does it exhibit any clearly defined symmetry. However, the reflectivity data indicates that it presently coincides with a depression located at 108.22W. The width of this zone (~110

km) is consistent with a coeval initiation of both the spreading center and the transform (at ~ 1.5 Ma). The spreading fabric within this part of the basin is disrupted by an en-echelon fault system. Within the basin west of 108.58W, two fault systems are observed. The first system, marked by a discontinuous bathymetric trough, is located along the southern margin of the basin. This trough is aligned with the northern margin of the zone of seafloor spreading fabric observed in the eastern part of the basin. The second system is a left-stepping, en-echelon fault system extending from the northern margin of the basin to the east to the basin's southern margin to the west. At the western end of the basin, only two narrow troughs are observed to extend westward out of the basin; the southernmost of which (oriented S55E) is the westward extension of the trough running along the southern boundary of the basin. The northernmost trough (oriented S40E) is part of the en-echelon fault system observed within the basin. West of 109.27W the deep basin terminates, and four, short, narrow bathymetric troughs are observed; three of which splay off the northernmost trough extending up out of the central basin.

We interpret the two fault systems within the Rivera Transform to be the result of a recent change in Rivera-Pacific relative plate motion; the en-echelon fault system being the result of the present day motion and the better developed, more continuous fault system being the older system. The orientations of the faults comprising the older system are best described by a Rivera-Pacific Euler pole located at 25.7N, 104.8W; whereas those exhibited by the recent fault system are best described by a Rivera-Pacific Euler pole located at 22.7N, 105.7W.

GET-24

MODELO DE INVERSIÓN 3D DE LA CORTEZA OCÉANICA EN EL PASAJE DEL DRAKE EN LA ANTARTIDA

E. Leticia Flores-Márquez¹, Emma Suriñach-Cornet² y Jesús Galindo-Zaldívar³

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: leticia@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Departament de Geodinàmica i Geofísica, Universitat de Barcelona, Barcelona, España

³ Depto. de Geodinámica, Universidad de Granada, Granada, España

Se presenta un análisis detallado de la gravimetría y batimetría de la zona central del pasaje del Drake en la Antártica, con la finalidad de contribuir al entendimiento de los procesos tectónicos que han influido en la zona y determinar la geometría de la interfase manto-corteza. Se interpretan los datos procedentes de barco de la campaña ANTPAC 97/98 y datos de satélite GEOSAT de Sandwell and Smith (update 2001). Se realizó una comparación estadística de los dos conjuntos de datos, obteniendo su correlación. Aquí se exhiben las ventajas y desventajas del uso de datos de satélite. Entre las ventajas destaca su utilidad para determinar la geometría de estructuras profundas de gran tamaño. También permite una

cobertura completa en una zona de difícil acceso. Sin embargo, una desventaja clara es la sub-estimación de las profundidades a las que se encuentran las estructuras, además del bajo control que se obtiene en el cálculo de la batimetría. Después, en ambos conjuntos de datos, se realizaron las correcciones de gravedad que permiten obtener la anomalía gravimétrica total para la zona, para ello la corrección de la contribución de la masa de agua del océano y la topografía del piso oceánico fueron tomadas en cuenta (corrección por placa de agua). Luego utilizando un método espectral determinamos la profundidad media de las estructuras responsables de la anomalía regional, obteniéndose 10.5 km en el caso de datos de barco y 8.8 km en el caso de datos de satélite. Este método también nos permitió realizar una separación regional-residual de la señal gravimétrica total, utilizando un filtro Butterworth con una frecuencia de corte de 0.082 km⁻¹. A la correspondiente anomalía regional, es decir la debida a las flexiones del manto, se le realizó un proceso de inversión numérica para obtener las profundidades de la interfase manto-corteza. La zona está caracterizada por levantamientos del Moho siguiendo los lineamientos de la SFZ y del WSR.

El modelo tridimensional de la interface Corteza-Manto nos permitió inferir que la SFZ está formada por el efecto combinado del levantamiento del manto, que coincide generalmente con la posición de cuencas transtensivas desarrolladas en dicha zona y una depresión del manto en las zonas elevadas de la SFZ. Esta geometría sugiere que, a pesar de que es una estructura activa, existe una tendencia a reequilibrarse isostáticamente. Por otra parte, se observa un pronunciado adelgazamiento de la corteza o densificación de la misma al Sur de la dorsal de expansión de Scotia occidental, combinado con un engrosamiento o baja densidad de dicha dorsal extinta. Esta estructura puede haberse desarrollado por un cabalgamiento en la corteza continental del Mar de Scotia que engrosaría la zona ocupada por el antiguo dorsal extinto (Galindo-Zaldívar *et al.*, 2000). El análisis gravimétrico tridimensional muestra la extensión lateral de esta estructura tectónica que se prolonga, intersecta y se hace más nítida hacia la Zona de Fractura Shackleton.

ESTUDIOS TEÓRICOS Y OBSERVACIONALES SOBRE DEFORMACIÓN

GET-25

ORIENTACIÓN DE SISTEMAS DE FRACTURAS Y FALLAS EN EL SUBSUELO

Jorge Zaldivar Ruiz
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: jzaldiva@imp.mx

Orientar los sistemas de fracturas y fallas en el subsuelo es una tarea más complicada que en condiciones superficiales. En términos generales, se considera que la mejor información para realizar esta tarea es la información sísmica, pero una de sus

limitaciones es que solo permite el estudio de las fallas de cierta escala, y las de menor tamaño, simplemente no son evidentes.

Esta limitación de la información sísmica, hace necesaria la utilización de otras herramientas que proporcionan información adicional sobre las estructuras en el subsuelo. Por ejemplo los registros de imágenes de pozo (FMI y FMS), cuya toma, al menos en los campos mexicanos, no es tan frecuente. Otras herramientas son los registros de echado (HDT) y, en forma más directa los datos aportados por los núcleos recuperados de los pozos perforados dentro de los campos petroleros. Además existen otros medios para tratar de definir las fallas subsísmicas en el subsuelo, partiendo de la información proporcionada por los registros geofísicos convencionales y empleando algunas técnicas del análisis de curvatura.

El estudio de datos sobre fracturas u otra estructura existente en los núcleos recuperados de los campos petroleros de México, imponen un reto debido a que la mayoría de los casos, si no es que en todos, los cilindros rocosos se extrajeron sin criterios de orientación, es decir no se tienen las marcas adecuadas que permitan conocer la orientación geográfica de las estructuras que se encuentran en el núcleo en su sitio de corte. Esto es un hecho no exclusivo de la industria petrolera nacional, también existen casos citados por la literatura en otros países.

Tradicionalmente se ha considerado que la información de los núcleos no orientados no puede ser utilizada. Sin embargo, esta no es la consideración de este trabajo, ya que como se mostrará, se cuenta con ciertos criterios y procedimientos de trabajo, que permiten usar esta información y orientarla, obviamente con diferentes grados de confianza.

Los datos de orientación de las estructuras que se miden sobre los núcleos no orientados, resultan con un grado de incertidumbre que se reduce a medida que se cuenta con datos adicionales de cualquier otra estructura que se relacione con la estratificación, las configuraciones en profundidad de los intervalos nucleados, registros de imágenes de pozo, etc.

Precisamente el trabajo durante la etapa de recolección de datos consiste en buscar, registrar y orientar, todas las estructuras visibles sobre el núcleo, tratando de obtener las relaciones angulares entre ellas, que mas tarde, ayuden a encontrar las orientaciones mas probables que estas estructuras puedan tener en el subsuelo, es decir, en el lugar de la toma del núcleo.

GET-26

DIMENSIÓN FRACTAL DE UNA FALLA MAYOR

Angel F. Nieto-Samaniego¹, Susana A. Alaniz-Alvarez¹, Gustavo Tolson², Claudia Oleschko² y Gabor Korvin³

¹ Centro de Geociencias, UNAM

E-mail: afns@geociencias.unam.mx

² Instituto de Geología, UNAM

³ King Fahd University of Petroleum and Minerals, Dhahran, Saudi Arabia

Existen numerosos parámetros que miden la dimensionalidad de un conjunto de fallas o fracturas; entre ellos destaca la distribución de longitudes de fractura, el cual es uno de los parámetros más elusivos de determinar si se considera al conjunto total de fracturas como una estructura compleja. Datos reportados en la literatura muestran una amplia dispersión de D que cubre todo el espectro de valores posibles, limitados por la dimensión topológica de los espacios de muestreo. En el caso que nos ocupa, de trazas de fractura, los límites son 1 y 2. Adicionalmente, se han reportado valores superiores e inferiores a dichas dimensiones topológicas, los cuales nosotros interpretamos como producto de una selección inadecuada de los objetos muestreados al trabajar en un espacio bidimensional.

Basados en el análisis de longitudes de fracturas que varían desde 10-1 hasta 104 milímetros medidos en la Falla de Los Planes, ubicada en La Paz, BCS, hemos determinado que existen valores límite máximos para los parámetros siguientes:

- Densidad de Fractura ($FD = (1/A) \sum (l/2)^2$, donde N_{tot} es el número total de fracturas, A el área analizada y l la longitud de la traza de la fractura.
- Exponente de la distribución de longitudes de fractura acumuladas
- Dimensión de caja.

Los dos últimos muestran un valor límite máximo de 1.87, el cual interpretamos como la dimensión fractal del conjunto total de fracturas que constituyen la Falla de Los Planes.

Para corroborar lo anterior, utilizamos un modelo que simula el comportamiento de fracturas basado en la Carpeta de Sierpinski. Se derivaron relaciones entre $R=A^{-2}$ y los parámetros mencionados. Adicionalmente, se usó un parámetro de concentración de fracturas definido por $c=[1/(N_{tot}/A)^{1/2}] (N/L)$, donde N es el número y L la longitud total de las fracturas de longitud l .

Con mucho, el mejor ajuste de nuestros datos lo obtenemos para la relación entre c y R que, de acuerdo con el modelo de la carpeta de Sierpinski, obedece a: c proporcional a R^{D-1} . Lo anterior nos arroja un valor de $D=1.8785$ para la totalidad de nuestros datos. Este valor es exactamente el que se obtuvo como valor límite máximo para las dimensiones de caja y exponentes de longitudes de fractura acumuladas. Por lo

anterior proponemos que una falla mayor puede manejarse como un objeto unifractal, cuya dimensión fractal puede ser definida por el valor límite máximo de las dimensiones de caja y de exponentes de longitudes de fractura acumuladas obtenidos al analizar distintos puntos del objeto a distintas escalas.

GET-27

ANÁLISIS DE CURVATURA, HERRAMIENTA EN LA DETECCIÓN DE ZONAS DE MÁXIMA DEFORMACIÓN Y FRACTURAMIENTO

Mandujano Velasquez J.¹, Khachaturov Vladimirovich R.² y Tolson Jones G.²

¹ Dirección Ejecutiva de Exploración y Producción, IMP
E-mail: jmanduja@www.imp.mx

² Instituto de Geología, UNAM

En años recientes la producción de hidrocarburos en reservorios fracturados ha tenido una relevante importancia en México, por lo cual cualquier investigación acerca del origen y desarrollo del plegamiento, fracturamiento y fallamiento que genere reservorios de hidrocarburos será de gran interés. Asimismo, se ha demostrado que existe una correlación entre la densidad del fracturamiento, con la curvatura de una estructura plegada, así como con el fallamiento principal asociado a la misma.

El objetivo de este trabajo, fue el de generar un algoritmo matemático, para calcular el máximo valor de la curvatura local en cada uno de los puntos de una superficie geológica, así como diseñar un software para el cálculo del algoritmo y su representación gráfica, para, finalmente, obtener la relación entre las zonas de máxima deformación con respecto a las de almacenamiento de los hidrocarburos.

El campo Cantarell en la Sonda de Campeche, presenta una estructura plegada, fracturada y afallada, la que produce gran cantidad de hidrocarburos, motivo por el cual el método desarrollado en este trabajo, fue aplicado a la misma.

El horizonte analizado consistió de un mapa de contornos estructurales de la brecha de edad Cretácico Superior-Paleoceno, sobre el cual se generó una malla cuadrículada con espaciamiento de 200 m de los nodos.

Las conclusiones a las que se llegaron, en función de los resultados obtenidos a través del algoritmo matemático desarrollado, se pueden resumir en los siguientes puntos:

- 1) Se ha generado un nuevo algoritmo para calcular la curvatura local originada por altas concentraciones de esfuerzos y deformación.
- 2) El algoritmo matemático está basado en un arreglo geométrico simple, es relativamente fácil para implementar, es altamente eficiente, este puede ser aplicado a cualquier tipo de superficie geométrica, y los requerimientos de

memoria de la computadora que necesita el software son mínimos; lo que hace de este método una herramienta muy poderosa para el análisis de la curvatura local.

3) Los lineamientos obtenidos a partir del cálculo de la curvatura local, implican zonas del máximo valor de la misma, y corresponden con el principal sistema de fallamiento, el cual esta directamente relacionado con la deformación transpresiva por cizalla simple, generado en la Sonda de Campeche durante el Mioceno Medio.

4) Se confirma, que el principal factor que condicionó el desarrollo de la curvatura local, es el sistema principal de fallas de deslizamiento lateral derecho, dejando, a la curvatura propia de la estructura, como un factor secundario en la mayoría de la misma, haciéndose presente solamente en el frente de esta, en su porción noreste.

5) Se puede observar que el frente de la estructura, es un lugar característico en el cual se tiene la interrelación o combinación entre la curvatura frontal originada por el plegamiento (deformación plástica), y el frente de cabalgamiento principal (deformación elástica), siendo esta interrelación muy compleja, y de esta forma enmascarando el comportamiento de los valores de la curvatura local.

6) Finalmente, mencionaremos que la importancia de los valores mayores de la curvatura local, la cual corresponde tanto a la curvatura geométrica, así como al fallamiento principal de la estructura, es que estos corresponden con las zonas de máxima acumulación de hidrocarburos.

GET-28

ENSAYO SOBRE LA EVOLUCIÓN DE FRACTURAS EN ROCAS CARBONATADAS

Salvador Ortuño Arzate, Helga Ferket, Francois Roure y Rudy Swennen

Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: sortuno@imp.mx

Los estudios de la fracturación en rocas carbonatadas ponen en evidencia que estos objetos geológicos tienen orígenes múltiples y que su evolución tiene lugar a lo largo de toda la historia de la roca. Los procesos implicados en esta historia operan desde la etapa de litificación y compactación hasta la evolución diagenética, epigenética y de deformación tectónica s.s.

En los estudios diagenéticos o microtectónicos de rocas carbonatadas generalmente pueden ser identificadas una gran cantidad de estructuras relacionadas con la historia diagenética y tectónica. La diferenciación de su génesis y evolución es frecuentemente difícil cuando no imposible.

En el caso de las rocas carbonatadas, generalmente se observan diferentes estructuras diagenéticas como son: los cementos tempranos o tardíos de matriz calcárea, cristales de

dolomita, fracturas de diferentes orígenes y geometrías, estructuras de karstificación, planos de disolución paralelos a la estratificación o planos BPS (Bedding parallel stylolites), planos de disolución perpendiculares a los estratos denominados estructuras LPSS, (Layer parallel shortening stylolites), entre otros. Todas estas estructuras diagenéticas o de deformación pueden ordenarse en una secuencia cronológica relativa.

En particular, el análisis de estas fracturas o sistemas de fracturamiento permite evidenciar que ostentan diferentes orígenes y que es posible establecer su ubicación cronológica relativa en el marco de su historia geológica integral.

Palabras clave: Fracturas, fracturamiento, diagénesis, rocas carbonatadas.

TECTÓNICA DEL SUR DE MÉXICO

GET-29

VARIACIONES PETROLOGICAS DEL PLUTONISMO ANATEXITICO EN EL ARCO MARGINAL PERMO-CARBONIFERO DE LA FAJA ESTRUCTURAL OAXAQUEÑA

S.D. Bazán-Perkins y S. Bazán Barrón
Industria Minera Indio, S.A.
E-mail: bazanperkins@hotmail.com

Como consecuencia de varios estudios petrográficos, isotópicos y geocronométricos realizados por gran número de autores, en diversas secuencias precámbricas que afloran en la Sierra de Chiapas, Complejo Oaxaqueño, Gneis Mixtequita, Gneis Huiznopala, Gneis Novillo y Gneis Carrizalillo que constituyen la Faja Estructural Oaxaqueña postulada por Fries (1962), se han identificado diversos cuerpos granitoides de carácter anatexítico emplazados en las citadas rocas precámbricas, con edades consistentes entre 208 a 349 m.a.

Por la posición alineada que presentan los granitoides anarogénicos, en forma geométrica de NNW a SSE a lo largo del territorio México, determinan un evento de subducción de la paleoplaca pacífica del Geosinclinal Cordillerano, en contra y bajo la Faja Estructural Oaxaqueña que desarrolló un arco plutono-volcánico continental activo durante el Permo-Carbonífero. Este evento de subducción y cabalgadura continental está bien expuesto hacia la región de San Andrés Nuxiño, Oaxaca y sus efectos de plutonismo se extienden por una franja de más de 300 Km de ancho, si consideramos que la trinchera de subducción fue erosionada profundamente hacia el occidente, para exponer las cortezas ofiolíticas de lo que se considera Complejo Acatlán. (Bazán, 1980, 1982, 1984 y 1986; Bazán Perkins y Bazán 1988; y Bazán-Perkins 1992 y 1996)

Es interesante mencionar que en la propia corteza oceánica en subducción de la placa Nuxiño, aparecen diversas intrusiones calco-alcalinas emplazadas que involucran una fusión parcial o total a profundidad en el propio Complejo Acatlán, aparentemente por varios cientos de metros y posiblemente hasta kilómetros para el proceso plutónico de anatexis. Esto explica la naturaleza y origen de los Granitoides Esperanza, Tronco de Totoltepec, Tonalita San Andrés Nuxiño, Granodiorita Juchatengo y otras rocas plutónicas del Permo-Carbonífero, emplazadas en la potente secuencia del Complejo Acatlán y que indudablemente involucraron a las secuencias precámbricas, ahora muy erosionadas.

Ahora bien, como resultado de diversos muestreos sistemáticos de las rocas plutónicas paleozoicas emplazadas en las secuencias precámbricas, se determinó que las fusiones líquido-gaseosa con temperaturas de 700 a 900°C, fundieron las rocas preexistentes sin gran movilidad magmática entre 15 a 25 Km de profundidad, incluyendo fusiones de varios kilómetros por abajo del plano de Benioff de la placa Nuxiño. Esto explica una fusión hidratada de las rocas con una cristalización magmática parcial, diferencial, selectiva o completa según la composición original de cada grupo o supergrupo de la potente secuencia precámbrica, ocasionando más bien reacciones químicas progresivas que cambios abruptos, para la composición del plutonismo resultante. En gran medida los cambios manifiestan un peculiar plutonismo para cada grupo o subgrupo de los Supergrupos Pápalo (2800-2600), Supergrupo Zimatlán (2400-1800 m.a.) y el Supergrupo Telixtlahuaca (1400-1000 m.a.), en donde no se observan eventos de anatexis anteriores, emplazados en los referidos eratemas del Precámbrico.

Así, por ejemplo, podemos advertir una asimilación parcial para los supergrupos Zimatlán y Telixtlahuaca en la masa batolítica del Granito Huitzo-Etla, expuesto en el Cerro del Hualache de 2750 m. de elevación, que tiene su eje mayor E-W de 18 Km y el menor N-S de 12 Km que además, contiene numerosos apófisis que duplican su extensión. El núcleo y la cima de este batolito reportó granito, mismo que gradúa hacia los lados a granodiorita de hornblenda y biotita; hacia las partes bajas diques de monzonita, diorita y finalmente anortosita de carácter pneumatolítico en las planicies y restringida a las ofiolitas del Grupo Oaxaca, unidad basal del Supergrupo Telixtlahuaca, donde son comunes los apófisis de granitos subyacentes, como en el área de la presa Los Cuajilotes que ocasionaron la feldespatización, introducida con el mismo evento magmático por soluciones líquido gaseosas derivada de la alteración de las dioritas y gabros de las propias secuencias ofiolíticas del Grupo Oaxaca.

Es importante hacer notar que este magmatismo calcoalcalino que afectan a las rocas anfíbolitas con diques y apófisis en el Supergrupo Pápalo, asignado al Arqueano, presenta un cambio peculiar de reacción química con los greenstone belts máficos y ultramáficos, al constituir cuerpos intrusivos de Tonalita. Por consecuencia, podemos concluir que

con ligeros cambios, este modelo se reitera para todo el arco marginal Permo-Carbonífero de afinidad Pacífica que afectaron las secuencias precámbrica de la FEO.

Al respecto, es oportuno enfatizar que no obstante el metamorfismo retrógrado del Terciario, consistente en una intensa cataclasis y milonitización que afecta a las secuencias precámbricas, paleozoicas y mesozoicas no obscurece ni borra la naturaleza original de las rocas en su clase química, color, textura, estructura y mineralogía por lo que es posible establecer la sucesión estratigráfica y su fácil mapeo, así como su correlación continental y hasta global.

GET-30

DIFERENCIAS TECTONICAS ENTRE LAS FAJAS ESTRUCTURALES OAXAQUEÑA (FEO) Y GRENVILLIANA (FEG) DE NORTEAMERICA

S.D. Bazán-Perkins y S. Bazán Barrón
Industria Minera Indio, S.A.
E-mail: bazanperkins@hotmail.com

La diferencia entre las fajas estructurales Oaxaqueña (FEO) y Grenvilliana (FEG) se basa en la evolución tectónica y paleogeográfica que exhiben, determinada por la litoestratigrafía identificada y reportada para cada una de las secuencias representadas en el tiempo y el espacio. Si bien, la FEO exhibe mayor afinidad paleogeográfica y litoestratigráfica con la faja estructural Rondonian/Pacaas Novos Brasil y San Ignacio/Sunsás Bolivia, aparecen sobrepuestas a un basamento formado por eventos tectónicos anatecticos y de arcos marginales anteriores, de 1750-1600 m.a. de la provincia Rio Negro-Jurema, según Litherland *et al.* (1989) y Gerald *et al.* (2001). Estos eventos no aparecen para el segmento del territorio de México con datos isotópicos, geocronológicos y petrográficos confiables, según los estudios reportados en las extensas secuencias que definen la FEO.

En efecto, desde que Fries *et al.* (1962), Fries y Rincón-Orta (1965), Fries *et al.* (1966-1967) y Ruiz-Castellanos (1979) publicaron sus datos isotópicos y geocronométricos, las posteriores edades reportadas no las anulan sino más bien las confirman en tiempo, para los respectivos eventos de magmatismo y metamorfismo identificados en las secuencias de la FEO, aflorantes en el Gneis Carrizalillo, Chihuahua, Gneis Novillo, Tamaulipas; Gneis Huiznopala, Hidalgo; Complejo Oaxaqueño, Puebla y Oaxaca y Macizo de Chiapas, Chiapas. Los citados autores reportaron fechas de los eventos con edades decrecientes de 1500 ± 230 m.a. para la ofiolita subductada El Catrín; las de 1210 ± 140 a 1110 ± 25 , para el arco Telixtlahuaca y las de 960 ± 110 a 895 ± 30 m.a. que representa el período final de la Orogenia Oaxaqueña. Así como el conspicuo plutonismo de anatexis del arco marginal Huitzo-Etla del Permo-Carbonífero que reporta edades de 272 ± 8 m.a. y 240 ± 30 m.a. que Bazán (1984) y Bazán-Perkins y Bazán (1988) lo relacionan al evento de subducción

de la Placa Nuxiño del Geosinclinal Cordillerano que interactuó bajo todo el frente occidental de la FEO, durante los 315 a 207 m.a. en un ambiente de afinidad Pacífica.

Podemos establecer entonces que la Faja Estructural Grenvilliana se inició a partir de un rift aislado de apertura oceánica Atlántica del Norte, sobre impuesta a las orogenias Kenorana (2500 m.a.), Hudsoniana (1750 m.a.) y Elsoniana (1400 m.a.) que evolucionó a geosinclinal hasta Texas, limitado o enclaustrado entre los escudos arqueanos Canadiense y Mexicano, al Noroeste y Sureste respectivamente. Estas condiciones paleogeográficas y tectónicas propiciaron y desarrollaron la intensa deformación progresiva de las rocas en la facies superior de anfibolita y de granulita para el metamorfismo regional reportado por Wynne-Edwards (1972), mismos que no se observan dentro de la FEO, cuya evolución tectónica regional fue progresiva en facies de esquistos verdes a las facies de anfibolita, debido a que su antepaís consistía sólo de una plataforma que evolucionaba en el Geosinclinal Cordillerano y en posición paralela, cuya apertura se relaciona al Proterozoico Medio (1600-1000 m.a.)

Para postular estas relaciones tectónicas, se parte de la potente sucesión litoestratigráfica observada que se apoyada en varios cientos de estudios petrográficos y reconocimientos de campo que permiten distinguir varios eratemas asociados con la FEO, por medio de expresivos hiatos y discordancias, además de contener depósitos sinsedimentarios de origen bacterial, correlacionables con las secuencias precámbricas de los cratones de Norteamérica y de Sudamérica, publicados por Bazán (1984, 1987, 1994, 2001) y Bazán-Perkins (1994). Estas discordancias regionales separan al eratema basal de rocas toleíticas y komatíticas de los greenstone belts del Supergrupo Pápalo, asignado al Arqueano (± 2600 m.a.), de los paragneises del Huroniano Supergrupo Zimatlán, propuesto al Proterozoico Temprano (2400-1800 m.a.) y del arco volcánico del Supergrupo Telixtlahuaca, asignado al Proterozoico Medio (1400-1000 m.a.).

Es de hacer notar que el arco Telixtlahuaca, del mesoproterozoico tardío (~ 1200 m.a.), ha sido consistentemente identificado en toda la Faja Estructural Oaxaqueña y relacionado a una trinchera de subducción desde el occidente con mineralización tipo Kuroko. Se presenta deformado, con metamorfismo regional y un estilo estructural cabalgante hacia el poniente y sobre un antepaís que originó el desprendimiento de la extensa Nappa de la Carbonera, bien expuesta en su área tipo de la carretera que parte de San Pablo Huitzo y pasa por el poblado homónimo que se dirige a La Herradura o Las Huertas. En esta localidad la nappa mantiene una aloctonía casi horizontal con un plano de décollement que desprende varias hojas de cobijadura con polaridad al SW para representar una discordancia de más de 1300 m.a., al yacer sobre el Grupo El Trapiche del Proterozoico Temprano muy erosionado. Finalmente, se enfatiza que las únicas rocas de las facies granulitas identificadas en la FEO, se relacionan con las charnoquíticas y enderbíticas de las zonas de migmatización y

de contacto térmico con las intrusiones máficas y ultramáficas del Subgrupo Vigallo (1100 m.a.), del referido Arco de Telixtlahuaca.

GET-31

**990 MA AND 1,100 MA GRENVILLIAN
TECTONOTHERMAL EVENTS IN THE NORTHERN
OAXACAN COMPLEX, SOUTHERN MEXICO: ROOTS OF
AN OROGEN**

Solari L.A., Keppie J.D. and Ortega-Gutiérrez F.
Instituto de Geología, UNAM
E-mail: solari@servidor.unam.mx

Inliers of ~ 1.0 - 1.3 Ga rocks occur throughout eastern Mexico and form the basement of the Oaxaquia microcontinent. In the northern part of the largest inlier in southern Mexico, rocks of the Oaxacan Complex consist of the following structural sequence of units (from bottom to top), with protolith ages of: (1) Huitzo unit: a $1,012 \pm 12$ Ma anorthosite-mangerite-charnockite-granite (AMCG) suite; (2) El Catrín unit: $> 1,350$ Ma orthogneiss migmatized at $1,106 \pm 6$ Ma; and (3) El Marquez unit: $> 1,140$ Ma para- and orthogneisses. These rocks were affected by two major tectonothermal events that were dated using U-Pb isotopic analyses of zircons: (a) the $1,106 \pm 6$ Ma Olmecan event produced a migmatitic or metamorphic differentiation banding folded by isoclinal folds; and (b) the $1,004$ - 978 ± 3 Ma Zapotecan event produced at least two sets of structures: (Z1) recumbent, isoclinal, Class 1C/3 folds with gently NW-plunging fold axes that are parallel to mineral and stretched quartz lineations under granulite facies metamorphism; and (Z2) tight, upright, subhorizontal WNW- to NNE-trending folds accompanied by development of brown hornblende at upper amphibolite facies metamorphic conditions. Rapid cooling is documented by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analyses of hornblende (977 ± 12 Ma), titanite (970 ± 8 Ma), and phlogopite (945 ± 10 Ma). Fold mechanisms operating in the northern Oaxacan Complex under Zapotecan granulite facies metamorphism include flexural and tangential-longitudinal strain accompanied by intense flattening and stretching parallel to the fold axes. Subsequent Phanerozoic deformation includes thrusting and upright folding under lower grade metamorphic conditions. The Zapotecan event is widespread throughout Oaxaquia, and took crustal rocks to depths of ~ 25 - 30 km by orogenic crustal thickening, and is here designated as Zapotecan Orogeny. Modern analogues for Zapotecan granulite facies metamorphism and deformation occur in middle to lower crustal portion of subduction and collisional orogens. Contemporaneous tectonothermal events took place throughout Oaxaquia, and in various parts of the Grenvillian orogen in Laurentia and Amazonia.

GET-32

**MODELO GEOLOGICO EN LA ZONA DE SUTURA
ENTRE DOS TERRENOS TECTONOESTRATIGRAFICOS EN
VALLES CENTRALES DE OAXACA A PARTIR DE DATOS
DE GRAVIMETRIA Y MAGNETOMETRIA**

Belmonte Jiménez S.I.^{1,2}, Campos Enriquez J.O.² y Ortega
Gutiérrez F.³

¹ Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo
Integral Regional, Oaxaca, IPN

E-mail: Sbelmont@prodigy.net.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Instituto de Geología, UNAM

Se presentan avances en la interpretación e integración geológica-geofísica de un estudio gravimétrico y magnético realizado en los valles Centrales de Oaxaca (valles de Zaachila, Etla y Tlacolula).

En esta región se ha definido (por otros autores), una zona de sutura que delimita a los terrenos tectonoestratigráficos Zapoteco y Cuicateco (Sedlock, *et al.*, 1993), siendo uno de los rasgos más significativos la presencia de la falla Oaxaca que aparentemente tiene su límite meridional en la ciudad de Oaxaca.

La modelación de perfiles gravimétricos y magnéticos se han procesado por modelado directo (Talwani, 1963) usando la plataforma OASIS MONTAJ de GEOSOFT (2001), obteniendo un modelo geológico que muestra la zona de contacto entre ambos terrenos, la profundidad al basamento, así como la secuencia litológica. Estructuralmente los valles de Zaachila y Etla se asocian a una fosa de origen tectónico, donde el basamento corresponde al Complejo Oaxaqueño que aflora principalmente al norte de la ciudad de Oaxaca. La profundidad al basamento se comparó con la obtenida por la técnica de la Deconvolución de Euler, estando ambas dentro de un intervalo de variación razonable.

El espesor del relleno aluvial que se asocia con la presencia del sistema acuífero es de poca potencia, teniendo su mayor espesor hacia una parte del valle de Etla y zona sur de la ciudad de Oax. Cabe mencionar que este material de composición heterogénea está conformado por arenas, gravas y material limoarcillosos, donde la arcilla forma en algunas partes una capa impermeable dando origen a la existencia de acuíferos confinantes.

GET-33

FIRST REPORT OF HIGH GRADE (B-TYPE) ECLOGITIC ROCKS IN THE CHUACUS COMPLEX, GRANADOS AREA, GUATEMALA

Fernando Ortega-Gutierrez¹, Luigi Solari¹, Jesús Sole-Viñas¹,
Uwe Martens² and Margarita Reyes-Salas¹

¹ Instituto de Geología, UNAM

E-mail: fortega@servidor.unam.mx

² CUNOR, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala

The paved route Guatemala-Granados-Rabinal-Salamá, in central Guatemala, exposes the Chuacús Group beneath a Late Cretaceous obducted serpentinitized peridotite, extending from the Northern Motagua Fault Zone to the village of San Antonio in the county of Granados. The first outcrops of the Chuacús Group at San Antonio village consist of a large muscovite-quartz-feldspar-fuchsite deformed pegmatite about 100 x 100 x 50 m with common xenoliths of biotite-rich gneiss. K-Ar dating of both micas yields Late Cretaceous age between 70-60 Ma, but the most interesting outcrop with the eclogitic rocks discovered is at the junction of the road and Agua Caliente River. The sequence here consists of two-mica banded gneisses and amphibolites with concordant muscovite pegmatites similar to that at San Antonio. Gneisses and amphibolites are rich in garnet with a sub-vertical, east-trending structure. Lower grade lithologies considered part of the Chuacús Group such as foliated fine-grained granitoid, impure marble, and low grade felsic-andesitic metavolcanics, crop out extensively in the Rabinal-Salamá area.

Two garnet amphibolites were examined in thin section under the microscope, and preliminary microanalyses (EDS) at the Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (UNAM) were performed on its representative eclogitic phases, garnet and clinopyroxene. The rocks show the equilibrium assemblage quartz-garnet-omphacite-rutile-barroisite-epidote, in which the omphacite contains up to 23 mol. % jadeite molecule, whereas garnet is essentially an almandine-grossular solid solution with up to 8.35 mol. % of pyrope, commonly forming coronas around biotite, and rarely around omphacite. Biotite, plagioclase, and hornblende remained as relic phases, where the high TiO₂ content of biotite (4.23 wt %) signals the high temperature attained by the high pressure event. The syntectonic nature of the dated white mica is supported by its high content of phengite molecule (26 % celadonite mol.) and foliated structure of the pegmatite. Because we take the Late Cretaceous date obtained for the muscovite as the crystallization age of the pegmatite, it probably marks the culmination of the Santonian-Campanian orogenic event that closed the northern margin of El Tambor basin against the Maya block. Although further studies are under way to better constrain the age with the U-Pb method and quantify the metamorphic conditions by WDS electron microprobe analyses of mafic and gneissic lithologies of the Chuacús rocks in the area, we advance the idea that these eclogitic rocks in the Chuacús Complex are of Cretaceous rather than Paleozoic age,

and they formed in the roots of a continental-arc collision zone that closed El Tambor basin. The collider block in the south probably was a segment of the Greater Antillean Arc in transit to its final docking by Eocene time against the Bahamas platform.

GET-34

LA TRINCHERA DE CHILPANCINGO, UN EVENTO DE CABALGADURA Y SUBDUCCION DURANTE EL CRETACICO SUPERIOR Y TERCIARIO QUE SEPARA A LOS COMPLEJOS ACATLAN Y XOLAPA

S. Bazán Barrón y S.D. Bazán Perkins

Industria Minera Indio, S.A.

E-mail: bazanba@hotmail.com

El tópico de esta exposición pone en duda el clásico modelo de la cabalgadura continental sobre la "placa Cocos". En efecto, las evidencias de la colosal cabalgadura hacia el Noreste, por un evento de subducción al SW en la trinchera de Chilpancingo, parte desde 1963 cuando el autor inició la exploración de uranio en la Región de la Montaña y en la Sierra de Filo Mayor, lugares que ni a caballo se tenía acceso. Esto permitió hacer extensos recorridos a pié en las zonas montañosas de la Sierra Madre del Sur donde destacaba un marcado contraste litológico y el radical cambio estructural de las secuencias de cuenca y plataforma mesozoicas, con los Esquistos Taxco paleozoicos que inusualmente aparecían con diferencias de elevaciones de más de 1500 m, al sureste y suroeste de la Ciudad de Chilpancingo, sobre las anteriores, sin tener una explicación lógica o congruente por aquel tiempo. Este contraste litológico y estructural se observó lateralmente por varios cientos de kilómetros para corroborar que se trataba de un evento regional y ahora continental.

Por el año de 1975, también en un proyecto de exploración de uranio en el Complejo Sonobari, las mismas características de migmatización, transformación gnéssica, anatexis y magmatismo observadas en el Esquisto Taxco del Complejo Xolapa, se advertían en la región San Blas y El Fuerte, Sinaloa y límite Suroriental de Sonora, aunque profundamente erosionados al nivel de la planicie costera del Mar de Cortez para determinar un evento de metamorfismo regional progresivo y parasincrónico con el Complejo Xolapa, por lo menos hasta el Estado de Oaxaca. Las relaciones litoestratigráficas de ambas localidades, han sido descritas con mucha propiedad por Fries (1960) y De Cserna *et al.* (1962) quienes además fecharon varios plutones asignados al Cretácico Tardío, conjuntamente con el metamorfismo regional y consideraron al Complejo Sonobari de edad paleozoica.

Durante los reconocimientos efectuados de oriente a occidente, se observó que en el área del El Fuerte los esquistos del Complejo Sonobari exhiben gran semejanza con los Esquistos Taxco de los estados de México y Guerrero, en facies de esquistos verdes cuyo metamorfismo regional se incrementa progresivamente al occidente, hasta alcanzar la zona alta de las

facies de anfibolita y la transformación anatexítica con diversos cuerpos plutónicos, en diques y troncos granitoides de monzonita. Por tales condiciones, se consideran a los Esquistos Taxco y a los del Complejo Sonobari, formando parte del mismo basamento de la Faja Estructural Paleozoica, del Sistema Cordillerano y de afinidad Pacífica.

Nuevamente en 1978, al verificar la existencia de uranio diseminado y sedimentario en la secuencia jurásica del Grupo Tecocoyunca en Oaxaca, Bazán (1981) reconoció y confirmó que el Complejo Xolapa compuesto por esquistos, migmatitas, gneises y diversos granitoides, cabalgan en franca aloctonía al NNE sobre las secuencias del Grupo Tecocoyunca y el Complejo Acatlán. La cabalgadura se identificó al observar la corteza mesozoica marina de Tlaxiaco en franca subducción casi vertical, a unos 2 Km al Sur de San Juan Mixtepec, Oaxaca, evidenciando la intensa erosión que existió durante el Cretácico Superior y Terciario Inferior. Este desgaste de la cubierta, expuso la trinchera activa, misma que se identifica con los depósitos flysch de la Formación Mexcala del Cretácico Superior consistente de lutitas, limonitas y areniscas interestratificadas en lo que fue el frente de aloctonía y a lo largo de la trinchera de subducción, que siguió con la extensa acumulación de conglomerados del Grupo Balsas hasta el Eoceno, para culminar en el Mioceno-Oligoceno con el desprendimiento de la extensa Nappa ALVIIGO, nomenclatura empleada por las localidades donde fue identificada por Bazán (1978) en Aldama, Chihuahua; Vizarrón, Querétaro; Iguala, Guerrero y Oaxaca, respectivamente.

Es necesario referir que las secuencias de esquistos de los complejos Sonobari y Acatlán consituyen parte del basamento cristalino del Sistema Cordillerano, donde al finalizar el Triásico y a principios del Jurásico Inferior, en lo que se considera Geosinclinal Mexicano ó "Mar Mexicano", se inició la apertura de un rift que evolucionaba a cuenca oceánica por la expansión de los fondos marinos, originando una corteza ofiolítica mesozoica sobre impuesta a la potente secuencia de la Faja Estructural Paleozoica, limitadas al oriente por las secuencias que conforman el escudo arqueano de México. Como consecuencia de la apertura oceánica mesozoica, a lo largo de su desarrollo se han identificado varias "Unión Triple" de caracterista mineralización plumbo argentífera de arco volcánico y dorsales, conectadas con la presencia de las "rocas verdes", de Taxco, Zihuatanejo, Hidalgo, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Sinaloa y hasta de Chihuahua que sobreyacen consistentemente a los esquistos paleozoicos. (Bazan 1980, 1982 y 1986)

Podemos establecer entonces, que con el evento de subducción y aloctonía laramídica en discusión, se aislaron varios aulacógenos de la parte occidental normales a la costa Pacífica y conectados con las "unión triples" jurásicas, como lo son: 1) El aulacógeno de Huetámo-Zihuatanejo y 2) El aulacógeno de Bacurato-Parral-Vizcaino. También acortó considerablemente el basamento para promover el extenso desprendimiento por más de 200 Km de la Nappa ALVIIGO en

dirección Noreste, que se define por los numerosos y potentes klippees que desde Chihuahua hasta Puebla-Oaxaca se distribuyen en el frente de aloctonía, como son las sierras de Peña Blanca, Santa Eulalia, El Banco del Doctor, Anticlinal de Coxcatlán, Región de Tlaxiaco-Jolalpan y sobre la Sierra de Juárez, donde potentes estratos de calizas de plataforma y bancos arrecifales, no plegados del Cretácico Inferior, cabalgan a estratos delgados de margas, limonitas, lutitas y areniscas muy plegadas del Cretácico Superior.

GET-35

ESTRUCTURAS DEL TERRENO MIXTECA, EN EL ÁREA COMPRENDIDA ENTRE LA CABALGADURA DE PAPALUTLA Y EL SINCLINORIO OLINALÁ, ESTADO DE GUERRERO

Rafael Torres De León^{1,2} y María Fernanda Campa Uranga¹

¹ Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, UAG, Taxco, Gro., México

E-mail: torresdeleon@hotmail.com

² Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM

Entre la Cabalgadura de Papalutla y el Sinclinorio Olinalá, Estado de Guerrero, se encuentra un cinturón de rocas esquistosas, plegadas y metamorizadas, que forman parte del Complejo Acatlán el cual constituye el basamento del Terreno Mixteca. En esta región las rocas están dispuestas en tres ensambles, el primero es un conjunto de esquistos de moscovita (Metagranitoides Esperanza), el segundo son esquistos y roca verde (Formación Xayacatlán), ambos intrusionados por metagranitos (Metagranitos Teticic-Progreso) y el tercero es una secuencia de rocas metasedimentarias (filitas y cuarcitas de la Formación Cosoltepec). Durante los trabajos de campo se descubrieron evidencias claras de intrusión de los Metagranitos Teticic con los Metagranitoides Esperanza y la Formación Xayacatlán por lo que se considera que estos metagranitos son una unidad litoestratigráfica diferente.

En esta zona se observa un estilo de deformación regional con una vergencia hacia el NW determinada con la medición estadística de superficies de foliación S_1 . En el área de Papalutla la Formación Cosoltepec cabalga sobre calizas y terrígenos cretácicos de las formaciones Zicapa y Morelos que forman parte de la Plataforma Guerrero-Morelos. La Cabalgadura de Papalutla acaba al SW y se torna en una relación normal en el Anticlinorio Tres Vestidos. Mientras que en el área de Olinalá, las rocas verdes y esquistos de moscovita de las Formaciones Xayacatlán y Metagranitoides Esperanza, constituyen el basamento del ensamble de rocas detríticas y calizas pérmicas de la Formación Olinalá, sobre las cuales descansan las ignimbritas y terrígenos del Jurásico Medio de las formaciones Ignimbrita Las Lluvias, Conglomerado Cualac y Grupo Tecocoyunca, cubiertas a su vez por calizas y yesos cretácicos del llamado Golfo de Huamuxtitlán que en conjunto forman el Sinclinorio Olinalá.

El análisis petrográfico de las secciones delgadas muestra una fábrica con diversidad de microestructuras: micropliegues, microestructuras intracrystalinas, indicadores de sentido de cizalla, porfiroblastos de los que al menos hay dos tipos a) sintectónicos y b) sintectónicos tardíos o postectónicos, microfallas y microfracturas. Todas las microestructuras se orientan en el sentido de la vergencia de la foliación S_1 , la asociación mineral que caracteriza el metamorfismo de los Metagranitoides Esperanza consiste de cuarzo + feldespato-potásico + plagioclasas + moscovita $\pm$ biotita $\pm$ granate $\pm$ epidota $\pm$ clorita, mientras que para la Formación Xayacatlán es actinolita + plagioclasa + epidota $\pm$ clorita $\pm$ granate $\pm$ moscovita $\pm$ esfena $\pm$ cuarzo $\pm$ calcita, por lo que se infiere que ambas formaciones se metamorfizaron en facies de esquistos verdes.

Las fases de deformación que pudimos sustentar con certidumbre en dos escalas -en afloramiento y en microscopio- son cuatro: dos de carácter dúctil y dos de carácter frágil. La primera es definida por una foliación S_1 expresada por la orientación de moscovita y actinolita y la segunda, es definida como una foliación S_2 expresada por planos axiales de pliegues. Sobrepuertas a las anteriores se observan fracturas y microfracturas rellenas de cuarzo y/o calcita y fracturas, fallas, microfracturas y microfallas, rellenas de hematita. Las cuatro fases siguen una secuencia progresiva que pudiera corresponder a uno o varios eventos tectónicos.

GET-36

ESTILO Y ORIENTACIÓN DE LOS PLIEGUES, DE PRIMER Y SEGUNDO ORDEN, EN EL SINCLINORIO DE PACHIVIA, FRONTERA ENTRE EL ARCO TELOLOAPAN Y LA PLATAFORMA GUERRERO-MORELOS

Israel Castrejón González y Julio Gama Lagunas¹

¹ Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero

E-mail: icastrej@ yahoo.com

El Sinclinorio de Pachivia está constituido por una secuencia terrígena de lutitas y areniscas (Flysch) con esquistosidad y bandas de crenulación que corona a la secuencia del Arco Teloloapan (porción oriental del Terreno Guerrero). La distribución cartográfica de esta formación conforma una franja alargada de orientación general NNE-SSW. Al Este sobreyace cabalgando a la secuencia de carbonatos de la Fm. Morelos (Plataforma Guerrero-Morelos cubierta carbonatada del Terreno Mixteco). En su límite occidental es cabalgado por las calizas de la formación Teloloapan (secuencia de carbonatos del Arco Teloloapan). Al norte y al sur es limitado por unidades litológicas del Cinturón Volcánico Transmexicano y del Terreno Xolapa respectivamente.

Se midieron planos de: estratificación (S_0), esquistosidad penetrativa de plano axial (S_1), crenulación penetrativa o bandas de minipliegues kink band (S_2), lineaciones minerales y sentidos de cizalla en indicadores cinemáticos. La

representación estereográfica de estos elementos geométricos-estructurales, permitió determinar con precisión el estilo y orientación de los pliegues de primer y segundo orden, vergencia de los pliegues de crenulación y sentido de cizalla. El análisis comparativo del conjunto de estructuras medidas sugiere que la correlación en el estilo de los pliegues de primer y segundo orden es válida, ya que ambos presentan características geométricas similares.

Tanto las superficies de S_0 como de S_1 , evidencian una dirección de echado general hacia el W, misma que es correlacionable con la dirección de echado de cabalgaduras mayores que ponen en contacto al Flysch de Pachivia sobre la Fm. Morelos y bajo la Fm. Teloloapan. los planos de S_2 muestran inclinación hacia el E (opuesta al echado de las superficies previas S_0 y S_1), la lineación mineral refleja una dirección general ENE-WSW.

El plegamiento mayor o de primer orden presenta dimensiones en la escala de decenas de metros, la forma de sus pliegues son isoclinales con inclinación media de su plano axial moderadamente inclinada (entre 350 y 400), con buzamiento medio de su eje ligeramente inclinado (200). Por su parte, el plegamiento menor o de segundo orden presenta dimensiones en la escala de unidades métricas. La forma de sus pliegues también son isoclinales con inclinación media de su plano axial moderadamente inclinada (450), con buzamiento medio de su eje desde subhorizontales hasta moderadamente inclinados (80 y 250). Pliegues de vetillas de calcita en la escala de centímetros de tercer orden están presentes y reflejan características geométricas similares a los pliegues de primer y segundo orden antes mencionados.

Dichos pliegues tienen como común denominador planos axiales subparalelos a S_0 , a S_1 y entre sí, y vergencia general hacia el NE. Aceptando la posibilidad de que la causa principal de plegamiento fue cizalla simple ésta actuó hacia el ENE (entre 700 y 800) respecto a su cima, con base en: la vergencia deducida de sus planos axiales y de sus ejes, la lineación mineral y al sentido de cizalla de sus indicadores cinemáticos observados en la escala de centímetros (minipliegues en bandas de calcita paralela a la S_0 , estructuras S-C y profiroclastos imbricados) y en sección o lámina delgada.

Respecto a la cizalla al W deducida con base en la vergencia de S_2 , ésta es causada posiblemente por: a) como estructuras inversas conjugadas a las estructuras asociadas a S_0 y S_1 , b) por una etapa final de deformación progresiva o c) por una segunda fase de deformación con sentido de rotación hacia el W respecto a su cima. Se prefiere la primer opción en virtud del subparalelismo existente entre el rumbo de S_2 con S_0 y S_1 .

GET-37

MOVIMIENTOS VERTICALES Y ROTACIONES CONTROLADAS POR HETEROGENEIDAD CORTICAL DURANTE LA DEFORMACIÓN TERCIARIA DEL SUR DE MÉXICO, COMPARACIÓN CON MODELOS ANALÓGICOS

Mariano Cerca y Luca Ferrari

Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro., México

E-mail: mcerca@geociencias.unam.mx

Modelos analógicos de convergencia transpresiva que involucran diferencias corticales en resistencia, espesor y densidad nos permiten estudiar la propagación de la deformación durante el inicio y desarrollo del límite de placas Norte América-Caribe en el sur de México. Los modelos se enfocaron en simular las estructuras formadas alrededor de un bloque cortical rígido y con espesor mayor de la corteza adyacente, formado por rocas metamórficas producto del orogeno Acatecano del Paleozoico (Bloque Mixteco-Oaxaca: BMO), cuya geometría esta limitada por los afloramientos en superficie. Los modelos se deformaron previamente por acortamiento para producir las estructuras laramídicas que fueron presumiblemente afectadas por la transpresión Terciaria. A pesar de sus limitaciones, la semejanza de las estructuras modeladas y naturales nos sugiere una analogía cercana entre los procesos de deformación en la naturaleza y en el modelo y nos permite reinterpretar estructuras clave para entender la evolución geológica del sur de México. Las rotaciones en sentido contrario a las manecillas del reloj de las estructuras modeladas son consistentes con el arrastre y rotación del eje vertical de pliegues laramídicos que se observan en el prototipo natural al poniente del BMO (cerca de Chilpancingo). Los movimientos verticales del BMO modelado son inducidos por el régimen transpresivo y pueden explicar los movimientos terciarios de la Falla Papalutla y el levantamiento y deslizamiento gravitacional de la cobertura en la Sierra del Tentzo. El movimiento terciario de la Falla Papalutla se infiere por una banda de deformación por acortamiento al frente de la misma, que afecta una secuencia de lechos rojos Paleocenos y depósitos volcanosedimentarios, mientras que el levantamiento de la Sierra del Tentzo involucra secuencias del Cretácico Superior (flysch Mezcala). El crecimiento y propagación de los cabalgamientos controlados por la geometría del bloque a lo largo de su flanco oriental también predicen un movimiento Terciario a lo largo de la Falla Vista Hermosa. En este contexto, esta estructura se propagaría hacia el noroeste siguiendo la geometría del bloque rígido. La propagación de la deformación hacia el norte se incrementa cuando el contraste en resistencia y densidad del bloque con respecto a la corteza adyacente es mayor. Los modelos fallaron en reproducir las estructuras observadas dentro del BMO. Estas pueden estar controladas por discontinuidades pre-existentes las cuales se simularon en uno de los experimentos. En general, los resultados demuestran que una heterogeneidad cortical de mayor rigidez y espesor, ubicada al norte del límite de placas transforme difuso puede explicar los complejos patrones de la deformación terciaria observados en el sur de México.

GET-38

REVISIÓN DE LA EDAD DE LA FORMACIÓN OAPAN Y SU SIGNIFICADO EN EL GRABEN DE SAN AGUSTÍN OAPAN Y EL SINCLINORIO DE ZACANGO, ESTADO DE GUERRERO

María Fernanda Campa Uranga¹, Elisa Fitz Díaz² y Enrique
Martínez Hernández²¹ Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma
de Guerrero

E-mail: mfernanda@data.net.mx

² Instituto de Geología, UNAM

La Formación Oapan es una secuencia de depósitos continentales de limolitas, conglomerados, yesos y calizas lacustres, que afloran en el graben de San Agustín Oapan situado en la cuenca del río Balsas-Mezcala. Su autor, Jesús Nájera-Garza (1965), la consideró con una posible edad del Plioceno, basado en que forma grandes mesas subhorizontales con bloques inclinados por fallas lístricas.

Sin embargo, en el Sinclinorio de Zacango, una secuencia continental de capas rojas similares aflora en el núcleo del pliegue, especialmente deformada hacia su terminación periclinal al Norte, y fue confundida quizás por ello como Formación Zicapa del Cretácico e interpretada erróneamente la estructura como anticlinal (Mariano Cerca *et al.*, 2001).

Entre el graben y el sinclinorio -desde el Río Amacuzac hasta el Río Balsas a lo largo de unos 50 Km del Anticlinorio Floreado- se observan diversos afloramientos de la Formación Oapan. Para fecharlos, buscamos fósiles y se encontraron hongos pertenecientes al género *Phragmothrites* en capas de caliza lacustre que afloran interestratificadas en la secuencia deformada del sinclinorio de Zacango, lo que nos permite establecer la cronoestratigrafía de la Formación Oapan como perteneciente al Eoceno.

Al mismo tiempo, encontramos ignimbritas de la porción basal del Grupo Tilzapotla sobreyaciendo discordantemente sobre limolitas Oapan. El depósito de ignimbritas fue fechado en dos localidades clave, Tequicuico-N y Cruz de Palma, donde se obtuvieron edades de 31 ± 2 Ma y 34.2 Ma (Oligoceno) respectivamente, por medio del método Ar-Ar. Ambas ignimbritas son tarditectónicas y fechan bien a las grandes estructuras del Anticlinorio Floreado de la plataforma Guerrero-Morelos, conjuntamente con los basaltos de Atenango de 33.6 Ma, localizados a lo largo del sistema de fallas de Iguala.

Finalmente se observa en algunos afloramientos la transición entre la Formación Oapan y la Balsas con discordancias internas.

Con esta nueva información quedará fundamentada una edad eocénica no sospechada antes para la Formación Oapan. El hecho de que la Formación Oapan esté involucrada en grandes pliegues y bloques, significa además que su

deformación no es laramídica, sino post-eocénica con lo cual se confirma una fase posiblemente miocénica en las estructuras de la plataforma Guerrero-Morelos (Fitz y Campa, 2001).

GET-39

**REESTRUCTURACION FORMAL DE LOS GRUPOS
CONSUELO Y TECOCOYUNCA (*SENSU* JORGE JIMÉNEZ-
RENTERÍA), CON BASE EN EL ESTUDIO
PALINOESTRATIGRÁFICO DE LAS FORMACIONES
CONGLOMERADO PRIETO Y CONGLOMERADO
CUALAC DE LA CAÑADA DE ROSARIO NUEVO,
TEZOATLAN, OAXACA**

Jorge Jiménez-Rentería y Jaime Rueda-Gaxiola
Unidad de Ciencias de la Tierra, ESIA, IPN
E-mail: jaimerueda@compuserve.com.mx

La región de Tlaxiaco, Oaxaca, ha sido objeto de estudios geológicos desde finales del siglo XIX, cuando se descubrieron yacimientos de carbón mineral que propiciaron el estudio estratigráfico de las secuencias sedimentarias que los contienen. En el siglo XX, nuevos estudios permitieron conocer con mayor detalle la columna estratigráfica, así como delimitar la cuenca y conocer las condiciones tectónicas que originaron el Anticlinorio de Tlaxiaco. Sin embargo, la gran abundancia de estudios lito-, bioestratigráficos y paleomagnéticos no resolvieron las dudas acerca de la posición cronoestratigráfica detallada de las formaciones que constituían los grupos Consuelo y Tecocoyunca, aunque el primero contiene abundantes fósiles vegetales de gran alcance geocronológico y el segundo amonitas de Edad Bajociense Media-Tardía en la Formación Taberna, dejando un enorme lapso para ubicar con mayor precisión a las formaciones Conglomerado Prieto, Conglomerado Cualac y Zorrillo.

Esa imprecisión motivó, en 1994, a Jorge Jiménez-Rentería a iniciar un estudio palinoestratigráfico integral que permitiera, al menos, conocer con mayor detalle la cronoestratigrafía de las citadas formaciones, conociendo de antemano la dificultad para datar este tipo de rocas conglomerádicas, consideradas como "azoicas". Este estudio tuvo éxito y permitió situar, con base en palinomorfos, al Conglomerado Prieto en la Edad Sinemurensis y al Conglomerado Cualac en una Edad Pliensbachense-Aalenense. Algunos palinomorfos y la materia orgánica dispersa permitieron identificar intercalaciones de ambientes marinos en estas secuencias de conglomerados. Además, con base en su contenido orgánico y en su litología, fue posible establecer una nueva estructuración del Grupo Consuelo (formaciones Rosario y Conglomerado Prieto) y del Grupo Tecocoyunca (formaciones Cuarcítica Cualac, Zorrillo, Taberna, Simón, Otatera y Yucunúti), correspondientes a dos secuencias sedimentarias depositadas bajo condiciones tectónicas diferentes en una cuenca comunicada inicialmente con el mar Pacífico, hacia el Occidente, y posteriormente también con el Golfo de México, hacia el Oriente, al inicio de su formación. Estas edades permiten correlacionar cronoestratigráficamente al Conglomerado Prieto con la base de la Formación La Boca

y con las formaciones Las Juntas, Temascalapa y Despi del Grupo Huayacocotla de la Cuenca de Huayacocotla-El Alamar y a la Formación Cuarcítica Cualac con las formaciones Tenango y Capas de Plantas de este Grupo y con la Formación Rosario de la Cuenca de Tampico-Misantla.

GET-40

**LA FORMACION PUNTA MALDONADO Y LA
EVOLUCION TECTONICA DEL LIMITE AUSTRAL DE
NORTEAMERICA**

Maria Fernanda Campa-Uranga¹ y Tomás González Morán²

¹ Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero

E-mail: mfernanda@data.net.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

En la Costa Chica guerrerense-oaxaqueña aflora la Formación Punta Maldonado (Campa *et al.*, 2000), un depósito sedimentario con fósiles del Mioceno-Pleistoceno formado por 2 secuencias sobrepuestas de areniscas volcanoclásticas carbonatadas bien estratificadas y consolidadas con abundantes fósiles que incluyen especies tubiformes, sobre las cuales descansa lodo gris-verdoso que pasa transicionalmente a arenas sueltas mal clasificadas. Interpretamos este depósito como restos fósiles de una ventila hidrotermal oceánica que transita hacia raíces en depósitos de laguna costera con relleno de arenas acarreadas por un cañón submarino, que evoluciona en proceso activo de levantamiento y exhumación hasta aflorar en Punta Maldonado acrecionado sobre la franja costera de granito-gneisses conocida como terreno Xolapa.

Se realizaron investigaciones para medir la intensidad total del campo magnético con dos magnetómetros portátiles G-816, uno de los cuales se usó de estación base en el poblado de Cuajinicuilapa que registró el campo magnético en intervalos de 5 minutos. Con el otro se registraron medidas cada 400m en 37 km con observaciones y medidas estadísticas estructurales para construir secciones geológicas a lo largo de 4 carreteras cruzadas.

Por otro lado, se describen granulitas y nuevas edades con el método Ar-Ar de granito, gneiss, esquisto y pegmatita sintectónica: 24 ± 1 Ma, 28 ± 1 Ma, 53 ± 2 Ma, 56 ± 2 Ma y 50.8 ± 0.6 Ma respectivamente, cuya distribución espacial no confirma los modelos de migración de edades más antiguas a más jóvenes orientados del NW al SE, en el sentido del deslizamiento lateral del bloque Chortis.

Con los datos anteriores, se obtuvo un modelo de bloques con fallas subverticales en 3D, como la falla lítrica de Los Hoyos orientada NWW-SEE mostrada en un perfil de Cuajinicuilapa a Punta Maldonado. Las arenas de la secuencia superior sobreyacen tanto a la secuencia de areniscas volcanosedimentarias como a la unidad de gneisses, de tal manera que ese hecho se interpreta como la edad de la acreción del bloque de Punta Maldonado con el terreno Xolapa.

Finalmente, la presencia del bloque Punta Maldonado y las investigaciones en avance de tasas de levantamiento y exhumación conjunta con el terreno Xolapa, nos obligan a revisar los diversos modelos de evolución tectónica asociados al simple traslado del bloque Chortis.

TECTÓNICA DEL NORTE DE MÉXICO

GET-41

LA ZONA DE FALLA CANANEA: UN EJEMPLO DE INVERSIÓN TECTÓNICA Y CONTRAFUERTE GRANÍTICO

José Luis Rodríguez Castañeda¹, Pedro Herrera López² y Juan Carlos García y Barragán¹

¹ Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM
E-mail: jlrod@servidor.unam.mx

² Posgrado en Ciencias de la Tierra, Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

Cartografía geológica a detalle y de reconocimiento permiten reconocer la configuración de un levantamiento del basamento, el Alto de Cananea y dos cuencas ligadas al mismo, la cuenca Bisbee y la cuenca San Antonio que en conjunto forman una zona orientada al noroeste que se define por la juxtaposición de terrenos precámbricos, paleozoicos y rocas jurásicas. El Alto de Cananea compuesto por rocas precámbricas (1700 1600 1400 Ma), paleozoicas (Misisípico) y jurásicas (160 Ma) está limitado al noreste por la Falla Los Ajos que se interpreta ser la extensión hacia Sonora de la Falla Sawmill Canyon del sur de Arizona, mientras que en el suroeste esta limitado por la Falla San Antonio que es casi paralela a la Falla Los Ajos.

Hacia el noreste del Alto de Cananea la Falla Los Ajos Sawmill Canyon limita la cuenca Bisbee que es una estructura elongada orientada al noroeste donde se acumulo el Grupo Bisbee, ampliamente distribuido en el sur de Arizona y noreste de Sonora. La cuenca San Antonio, cuyo basamento es compuesto por rocas del arco magmático jurásico esta limitada en el noreste por la Falla San Antonio, y hacia el suroeste por la megacizalla Mojave Sonora. Al sur de la megacizalla Mojave Sonora el basamento conocido se ubica en el rango de los 1800 1700 Ma.

Colectivamente se propone la ZONA DE FALLA CANANEA que es un grupo de tres fallas regionales jurásicas (Falla Los Ajos, Falla San Antonio y Megacizalla Mojave Sonora) que ponen rocas del Neoproterozoico, del Paleozoico Inferior y del Jurásico Medio en contra de rocas supracorticales asociadas y depositadas en cuencas de extensión. La fallas se interpretan como fallas extensionales asociadas originalmente a cuencas por separación formadas en el Jurásico Tardío y que fueron reactivadas como fallas verticales durante levantamientos regionales en el Cretácico Temprano y como fallas inversas (inversión tectónica) en el Neógeno. La deformación contraccional involucra inversión de las fallas extensionales, es

decir, la inversión de fallas normales a fallas inversas acomoda mucha de la contracción observada y donde los pliegues son escasos y por lo tanto no registran una parte significativa de la inversión.

Es claro que las rocas plutónicas jugaron un importante papel en la contracción debido a la inversión tectónica. Las diferencias mecánicas entre el basamento granítico de grano grueso y la cubierta de rocas estratificadas fueron un importante factor si consideramos que las rocas estratificadas debieron de haberse deformado más rápidamente que el basamento. Los bloques de rocas rígidas plutónicas pudieron actuar como contrafuertes durante la contracción y ser parte fundamental en la evolución de la geometría de las estructuras reactivadas.

Las cuencas San Antonio y Bisbee son llenadas con gruesas secuencias sedimentarias pertenecientes al Grupo Bisbee del Cretácico Temprano y a la Formación El Tuli del Cretácico Tardío.

Los pliegues y cabalgaduras no son las estructuras mayores observadas, sino las estructuras deformacionales asociadas con deslizamientos de bloques por gravedad, junto con fracturamiento y los depósitos sinsedimentarios que son las principales manifestaciones de la evolución de la Zona de Falla Cananea.

GET-42

RELACIÓN ENTRE LA DEFORMACIÓN COMPRESIVA Y LA ACTIVIDAD MAGMÁTICA DEL PALEOGENO EN EL CINTURÓN PLEGADO DE COAHUILA, MÉXICO

Chávez-Cabello G.^{1,2}, Aranda-Gómez J.J.¹, Tovar-Cortés J.A.¹, Morton-Bermea O.³ y Iriando A.⁴

¹ Centro de Geociencias, Campus Juriquilla, UNAM, Querétaro, Qro., México

E-mail: gabchavez@hotmail.com

² Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL, Linares, N.L.

³ Instituto de Geofísica, UNAM,

⁴ DOI, U.S. Geological Survey Argon Thermochronology Lab MS 974, Denver Federal Center Denver, CO.

La actividad magmática durante el Paleogeno en el Cinturón Plegado de Coahuila (CPC) está representada por los complejos intrusivos del Cinturón Candela Monclova (CCM) y la Sierra de Picachos (SP). El CCM es más antiguo y con afinidad geoquímica de subducción, mientras que la SP es más joven y de tipo intra-placa. Los intrusivos del CCM son granitoides magnesianos, metaluminosos (A/CNK < 1), de tipo calco-alcalino a alcalino, con hornblenda y esfena, y con edades entre 45 y 35 Ma. La SP es más joven y está compuesta por sienitas, gabros y piroxenitas alcalinas. El CPC presenta tres regiones con estilos de deformación contrastantes, uno al sur, otro al norte y el tercero localizado en la Cuenca de La Popa. Los estilos de deformación fueron controlados principalmente por cambios en la estratigrafía, relacionados a variaciones en la geometría del basamento. Sus límites coinciden con zonas de

altos en el basamento (i.e. Bloque de Coahuila al sur y el cratón Coahuila-Texas al norte) y se caracterizan por tener deformación menos intensa. Las rocas sedimentarias predominantes en el CPC son evaporitas, rocas clásticas y carbonatadas de edad Jurásico tardío-Terciario temprano (Eoceno medio). La actividad magmática intrusiva se observa al sur de la Cuenca de Sabinas, en la región con el estilo de deformación más quebradizo, en zonas sin evaporitas y muy cerca del límite paleogeográfico meridional de la cuenca. La deformación en el CPC tiene un estilo muy diferente al de la Sierra Madre Oriental y se cree que el plegamiento es más joven. Sin embargo, debido a la erosión del contacto entre sedimentos sin- y post-orogénicos en la cuenca de La Popa, la edad más joven de la deformación se desconoce. Además, se cree que hay dos fases de deformación compresiva en el noreste de México. La más antigua que generó la deformación en Sierra de Parras y Curvatura de Monterrey, y la más joven (post-Ypresiano) en el CPC.

Para establecer con mayor precisión la edad de la deformación en el CPC, se realizó cartografía geológico-estructural en cuatro de los catorce complejos intrusivos del CCM, identificándose plutones sintectónicos (Cerro Mercado) y posttectónicos (Marcelinos, Providencia y al posiblemente Soledad). El Cerro de Mercado tiene edades Ar-Ar de 44.29 ± 0.19 Ma (hornblenda) y 41.23 ± 0.02 Ma (biotita). Esto sugiere contemporaneidad con sedimentos sin-orogénicos de la Formación Carroza del Grupo Difunta. Hasta el momento, lo anterior estaría indicando que la edad de la fase compresiva post-Ypresiana, alcanza edades más jóvenes que 41 Ma y, sobre todo que, podrá ser definida con el fechamiento de los intrusivos post-tectónicos presentes en el CCM (determinaciones en proceso).

GET-43

ESTILOS ESTRUCTURALES DE LA DEFORMACIÓN DISTENSIVA EOCÉNICA EN LA REGIÓN ARCABUZ-CULEBRA, CUENCA DE BURGOS, MÉXICO

Arturo Ortiz Ubilla^{1,2}, Gustavo Tolson Jones¹, Elvira Maldonado Romaldo³ y Carlos García Hernández³

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
E-mail: aoubilla@geol-sun.igeolcu.unam.mx

² Instituto Mexicano del Petróleo

³ Instituto Politécnico Nacional

En la interpretación de una sección sísmica de orientación sensiblemente W-E de la región Arcabuz-Culebra, porción occidental de la Cuenca de Burgos, se identifica la ocurrencia combinada de los estilos estructurales de Fallas Normales Despegadas y de Estructuras de Lutita caracterizando la Deformación Distensiva de tipo Despegado o de Basamento no Involucrado acaecida durante el Eoceno. La porción deformada de la sección incluye la secuencia sedimentaria Paleoceno-Oligocénica conformada de materiales clásticos, lutitas, areniscas y conglomerados, cuyo depósito se asocia con ambientes de carácter transicional y marino mayormente. Esta

parte deformada se encuentra sobreyaciendo a otra porción de la sección característicamente sin deformación aparente, la cual se interpreta constituida por una secuencia mesozoica calcáreo-arcillosa de ambientes marinos y un basamento paleozoico de carácter ígneo-metamórfico. La zona deformada sobreyace a la no deformada a lo largo de la cima del Ks.

El análisis cinemático del estilo estructural de Fallas Normales Despegadas, el cual se caracteriza por una serie de sistemas de fallas de este tipo principalmente de carácter lítrico que progresan en tiempo y en espacio en dirección al oriente, permite considerar que este estilo se desarrolló probablemente en tres diferentes etapas, una de carácter postdeposicional (?) para el Eoceno Temprano, y dos etapas de tipo sinsedimentario, una durante el Eoceno Medio-Tardío y la otra en el Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano.

El estilo de Estructuras de Lutita por su parte, también muestra un desarrollo de los rasgos diapíricos arcillosos con una progresión en el mismo sentido espacial y temporal, de Oeste a Este, y su evolución se caracteriza con una etapa reactiva para el Eoceno Medio-Tardío, con una etapa activa para el Eoceno Tardío, y posteriormente, con una nueva etapa reactiva para el Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano.

La conjunción espacial y temporal de ambos estilos durante el Eoceno Medio-Tardío permitió el desarrollo de un depocentro hacia la porción media de la sección, donde se tiene un marcado engrosamiento de la secuencia asignada a la Formación Queen City. Un rasgo similar se manifiesta en la parte oriental de la sección para la nueva conjunción de los dos estilos estructurales durante el Eoceno Tardío ? Oligoceno Temprano, en donde los depósitos de la formaciones Jackson y Vicksburg muestran considerables engrosamientos de espesor.

GET-44

IMPLICACIONES TECTONICAS DE NUEVAS EVIDENCIAS DE TRANSGRESION MARINA EN LOS LECHOS ROJOS DE LA ALOFORMACIÓN HUIZACHAL, EN LA FOSA DE HUAYACOCOTLA-EL ALAMAR

Jaime Rueda-Gaxiola¹, José Guadalupe López-Oliva², Fernando Velasco-Tapia² y Teresa Pinzón-Salazar¹

¹ Unidad de Ciencias de la Tierra, ESIA, IPN

E-mail: jaimerueda@compuserve.com.mx

² Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

En 1993 y 1994, Rueda-Gaxiola, J. *et al.* propusieron el Alogrupo Los San Pedros, para incluir los lechos rojos triásico-líasicos de las aloformaciones Huizachal y La Boca, que afloran en el Anticlinorio de Huizachal-Peregrina y se encuentran en el subsuelo de la denominada Cuenca de Magiscatzin. Además, estos propusieron que este alogrupo se depositó como parte continental, al norte, en la Fosa de Huayacocotla-El Alamar, donde, al sur, se depositó el más marino Grupo de Huayacocotla, que aflora en el Anticlinorio de Huayacocotla. La presencia de materia orgánica algácea, dinoflagelados, acritarcas y glauconita en delgados intervalos de los lechos

rojos del Alogrupo, permitió crear un modelo de la Fosa que consideraba transgresiones liásicas hasta el norte del Anticlinorio de Huizachal-Peregrina. La existencia de un mar epicontinental en esta Fosa, permitía explicar la actividad piscícola del pterosaurio del Género *Dimorphodon* encontrado por investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México, de las universidades de Chicago, de Rhode Island y George Washington en Estados Unidos, en la localidad del Valle del Huizachal.

Sin embargo, no se habían encontrado indiscutibles rocas marinas dentro de las secuencias de lechos rojos del Alogrupo aunque, en el subsuelo de la Cuenca de Magiscatzin, en ellos se tenían evidencias del incremento de los elementos marinos hacia el sur. En Noviembre de 1991, durante una práctica de Geología de alumnos de la Unidad-Ticomán de Ciencias de la Tierra, el Dr. José Guadalupe López-Oliva propuso visitar los afloramientos de lechos rojos recién cortados por la nueva carretera de Juan Capitán-Jaumave en el Valle del Huizachal. En uno de ellos encontramos la evidencia de calizas dentro de la secuencia de lechos rojos de la Alfm. Huizachal, a una distancia de aproximadamente 3 Km. de la localidad donde se encontró el pterosaurio y a 5 Km. de donde se había encontrado glauconita en esta formación. En la base de la secuencia se encuentran areniscas conglomerádicas y limolitas, alternando con capas rojas volcánicas. La secuencia roja termina en un discordancia que está cubierta por estratos de calizas transgresivas, con oquedades de disolución. En la parte media del paquete de calizas se encuentra una capa limolítica rojiza-anaranjada que marca el inicio de la regresión con calizas bien estratificadas que terminan en un estrato de color verdoso. Las calizas terminan y ahí se inician lechos rojos bien estratificados en capas alternas de color rojo y amarillento, depositados en un ambiente acuoso de baja energía, posiblemente también marino. Estas unidades litológicas son actualmente el objeto de estudios de microfacies, micropaleontológicos y de geoquímica inorgánica, tendientes a determinar a cuál de las transgresiones identificadas corresponde, relacionarla con eventos tectónicos conocidos y corroborar o modificar la paleogeografía preestablecida.

GET-45

ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL EN LOS LÍMITES DE LOS TERRENOS SIERRA MADRE Y TOLIMÁN, EN EL NORESTE DE QUERÉTARO, QRO.

Joel Rosales Rodríguez, Juan José Valencia Islas y Jorge Jacobo Albarran
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: jo31_rr39@hotmail.com

El área de estudio se localiza en la porción central del Estado de Querétaro, en las inmediaciones del poblado de Vizarrón de Montes y dentro del Anticlinal el Chilar, abarca al Terreno Tolimán, en su límite con el Terreno Sierra Madre (Cabalgadura Higuerillas).

El presente trabajo consistió en un análisis microestructural para establecer las diferencias entre ambos terrenos. Partiendo de la proyección estereográfica de los polos de S0 (echados) de la Formación La Peña Azul, fue posible determinar un σ_1 con una dirección de NE40°, para esta unidad; mientras que de la proyección de los datos de S0 para las rocas de la Formación el Doctor, se obtuvo un σ_1 con una dirección NE66°. Finalmente, contrario al comportamiento de los esfuerzos en las Formaciones San Juan de la Rosa y el Doctor, en la Formación Soyatal, como resultado de la proyección de los datos reportados en Charco Frío-Puerto la Cruz y Sombrerete-Membrillo se obtuvieron contrastantes direcciones entre ambos, siendo en el primero NW17° y en el segundo NE54°. En el análisis del fracturamiento por medio de rosetas de frecuencia para cada una de las unidades se observa que para la Formación San Juan de la Rosa sobre el Arroyo la Virgen se presentan dos sistemas de fracturamiento uno NNW-SSE y el otro NEE-SWW. Por otro lado, en la roseta general de frecuencias de la Formación el Doctor se puede observar un sistema de fracturamiento principal NWW, mismo que se presenta sobre el Arroyo la Virgen, mientras que de los datos cercanos a Sombrerete el comportamiento de las fracturas no presenta un patrón definido.

Considerando la historia tectónica de México, los (σ_1) σ_1 obtenidos son el resultado del evento compresivo del Turoniano, en donde el σ_1 =NE40° (Fm. San Juan de la Rosa) correspondería con la etapa inicial de este evento y el σ_1 =NE66° (Fm. El Doctor) con la fase intermedia o final del mismo, considerándose así que durante este tiempo el σ_1 tuvo una evolución en su dirección de NE hacia ENE.

TECTÓNICA DEL GOLFO DE CALIFORNIA

GET-46

CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS MARINAS DE LA ZONA DE DESGARRAMIENTO DE BAHÍA DE BANDERAS

Román Álvarez
IIMAS, UNAM
E-mail: rab@leibniz.iimas.unam.mx

La zona del valle de Banderas, entre los estados de Jalisco y Nayarit, ha sido catalogada como un graben o zona de hundimiento. La prolongación de esta estructura hacia el ENE, a través del río Ameca hasta la porción SE del volcán Ceboruco, llevó a otros autores a proponer una zona de desgarramiento (rift) que llamaron la Zona de Desgarramiento del Río Ameca. Estudios recientes de la topografía marina de Bahía de Banderas han permitido proponer que la bahía es también una zona de desgarramiento y representa la continuación de la zona arriba mencionada, conformando en conjunto la Zona de Desgarramiento de Banderas (ZDB), de

150 km de longitud. Esta zona fue propuesta recientemente como el límite NW del Bloque de Jalisco. La ZDB presenta dos direcciones de fallamiento: NE y ENE, de las cuales por lo menos una está activa. Al interior de la bahía hemos identificado tres cuencas: la cuenca de Cabo Corrientes, la cuenca de Yelapa y la cuenca de Majagua, cuyas profundidades máximas respectivas están dadas por 1930, 1710 y 1310 m. Identificamos también dos subcuencas de menor tamaño y profundidad. Una está al NE de la cuenca de Majagua, cercana a la costa, que llamaremos la subcuenca de Vallarta, con una profundidad máxima de 810 m; la segunda está al norte de la cuenca de Yelapa, hacia las Islas Tres Marietas, que llamaremos la subcuenca de Las Marietas, con una profundidad máxima de 1000 m. La Bahía de Banderas y su continuación en tierra como Valle de Banderas se diferencian en que la segunda está rellena de los sedimentos del río Ameca; para integrar las dos estructuras es necesario hacer modelos gravimétricos del relleno del valle.

GET-47

ESPESOR DE SEDIMENTOS EN EL VALLE DE BANDERAS: UN MODELO PRELIMINAR

Jorge A. Arzate¹, Román Álvarez² y Jesús Pacheco¹

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

E-mail: rab@leibniz.iimas.unam.mx

² IIMAS, UNAM

Recientemente ha sido propuesto que el Valle de Banderas y la Bahía de Banderas forman parte del mismo sistema de rift y que conforman el límite NW del Bloque de Jalisco. La topografía marina de la Bahía indica que el margen sur de la costa es el más profundo, alcanzando más de 1500 m de profundidad en algunas regiones. La continuación de esta estructura en la parte del valle, se encuentra rellena de sedimentos acarreados por el Río Ameca, por lo que resulta necesario llevar a cabo modelos físicos para estimar los espesores correspondientes. Con este propósito efectuamos un estudio magnetotelúrico, que comprende un total de 11 estaciones y un levantamiento gravimétrico de 17 km de longitud, consistente de una línea de estaciones con separaciones promedio de 200 m, a lo largo del margen costero del valle, que correspondería en principio a la zona con mayor espesor de sedimentos. Aunque este perfil todavía no cruza completamente el valle, nos permite junto con la interpretación de los sondeos MT ubicados en la zona central, construir un modelo a partir del cual se puede estimar el espesor de los sedimentos con cierto grado de confiabilidad. En vista de que la anomalía de Bouguer en el perfil gravimétrico decrece monotónicamente hacia el centro del valle se asume que ésta es simétrica con respecto a la posición del río para lo cual se extrapolan los valores del campo hacia el extremo SW del mismo. A partir de ésta curva de anomalía y utilizando un contraste de densidad de 0.7 g/cm³ entre el basamento y los sedimentos que rellenan el valle, se invirtieron los valores de campo y los extrapolados utilizando un algoritmo convencional 2-D y ajustando la respuesta del modelo a las observaciones.

El espesor interpretado para los sedimentos a partir de los modelos MT de capas y gravimétrico es de más de 1000 metros en la zona del valle más cercana a la costa, lo cual es consistente con las profundidades observadas en la bahía.

GET-48

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA LITOSFERA EN LA REGIÓN CENTRAL DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

José M. Romo, Enrique Gómez-Treviño, F. Esparza, Juan García-Abdeslem y Carlos Flores-Luna

Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE

E-mail: jromo@cicese.mx

Un perfil magnetotelúrico (MT) a través de la región central de Baja California reveló que ciertas regiones de la litósfera peninsular tienen una conductividad eléctrica anormalmente alta. Este hallazgo podría ayudar a entender la evolución tectónica de este segmento tan peculiar de la frontera entre las placas Pacífico y Norte América. Las anomalías conductoras encontradas en la actual corteza peninsular pueden asociarse a las zonas de sutura entre los terrenos mesozoicos que se agregaron al continente Norteamericano hace mas de 100 Ma. Por otra parte, debajo de la corteza peninsular encontramos vestigios de una antigua placa oceánica, posiblemente una porción de la micro-placa Guadalupe, que quedó atorada al cesar su subducción hace ~12 Ma. En este trabajo mostramos el modelo de resistividad que resulta de la inversión en 2-D de 37 sondeos MT, realizados a lo largo de un transecto de ~200 km de longitud, que cruza la península en la latitud del paralelo 28°. Los campos electromagnéticos se registraron en dos sitios simultáneamente, para estimar la impedancia de manera robusta, usando la técnica de referencia remota. El efecto estático fue corregido utilizando información independiente, obtenida de sondeos electromagnéticos transitorios (TDEM), que se realizaron en cada sitio de observación MT. El modelo interpretado se basa en la inversión de impedancias estimadas con la metodología de Groom-Bailey, que supone un medio regionalmente bidimensional, perturbado con heterogeneidades locales de carácter tridimensional. Finalmente, el modelo de resistividad obtenido se usó para constreñir un modelo 2-D de la densidad de masa, que explica la anomalía de Bouguer observada a lo largo de un perfil cercano al transecto MT.

GET-49

RECONOCIMIENTO ESTRUCTURAL DE PLUTONES LOCALIZADOS ENTRE LA COSTA PACÍFICO Y SAN PEDRO MÁRTIR, BAJA CALIFORNIA

Delgado Argote Luis A., Frías Camacho Víctor M. e Hinojosa Corona Alejandro

Depto. de Geología, División Ciencias de la Tierra, CICESE

E-mail: ldelgado@cicese.mx

Con base en la interpretación estructural de un área de 90 por 105 km entre la costa del Océano Pacífico y el Escarpe del Golfo en la parte central del estado de Baja California, se

identificaron estructuras con arreglo curvilíneo que se asocian con cuerpos plutónicos cretácicos. Los cuerpos son discretos en su mayoría, pero los puede haber anidados. En la parte central del área destaca una serie de lineamientos de gran longitud (hasta 25 km) orientada aproximadamente N40°W y N20°W, en las latitudes correspondientes a San Pedro Mártir (SPM) y San Quintín (SQ), respectivamente, que es paralela y se localiza al occidente de la línea magnetita-ilmenita (Fe-Ti). Las estructuras dominantes en SPM se orientan hacia el NW, mientras que las dominantes en el sector SQ son casi N-S, preservándose la orientación de estas últimas en el Escarpe del Golfo; en las dos regiones los rasgos orientados N40°E son muy notables y se considera que se formaron como resultado de la captura del extremo W de Norteamérica por la placa Pacífico. La línea Fe-Ti separa a los plutones ricos en Fe del occidente de los ricos en Ti del oriente. En general, los plutones orientales son más grandes y se emplazan en rocas paleozoicas, mientras que los occidentales están asociados con rocas del arco cretácico del Grupo Alisitos.

En los mismos sitios de un muestreo sistemático con fines paleomagnéticos en los plutones San Telmo (T), Aguaje del Burro (B), La Zarza (ZA), San José (SJ), Potrero (PO), San Pedro Mártir (SP), El Milagro (MI) y El Socorro (SOC), se hicieron mediciones de estructuras primarias y de fallamiento. Las fallas son presumiblemente contemporáneas al periodo comprendido entre el cese de la subducción en el Pacífico (ca. 15 Ma) y el inicio del sistema transforme San Andrés-Golfo de California (ca. 6 Ma). Es notable que de los ocho plutones estudiados, sólo en los sitios de B (10), SJ (15) y SP (21), se observaron fallas con estrías asociadas. Se aplicó el método de inversión directa y se obtuvieron las orientaciones siguientes para los plutones B, SJ y PM, respectivamente:

$$\sigma_1 = 141/76, 21/48 \text{ y } 76/58;$$

$$\sigma_2 = 286/12, 308/11 \text{ y } 297/17; \text{ y}$$

$$\sigma_3 = 17/8, 216/18 \text{ y } 205/37.$$

El conjunto de resultados indica esfuerzos extensionales cuyo promedio es N26E, casi ortogonal a la orientación de las fallas normales del Escarpe del Golfo en el sector San Pedro Mártir, donde la deformación es más intensa. También es notable la mayor densidad de fallas en el oriente que en el occidente, esto es, que mientras más cerca del escarpe la deformación es mayor, lo que sugiere a su vez que la deformación más definida es posterior al cese del fenómeno de subducción. En consecuencia, el fallamiento NE-SW parece reflejar el resultado de un sistema similar al de cizalla simple producido por el movimiento de la península de Baja California hacia el NW.

GET-50

EVOLUCIÓN DEL SISTEMA DE FALLAS MIOCENO-CUATERNARIAS SOBRE LA MARGEN ORIENTAL DE LAGUNA SALADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Ronald Spelz Madero y John Fletcher Mackrann
Depto. de Geología, División Ciencias de la Tierra, CICESE
E-mail: rspelz67@msn.com

Laguna Salada, localizada en el noreste de la península de Baja California, es una cuenca extensional con subsidencia activa la cual posee la geometría típica de un rift continental con sistemas de fallas que controlan sus márgenes. La margen oriental de la cuenca, donde se presenta la mayor actividad de subsidencia, está limitada por las Sierras Cucapá en el norte y El Mayor (SEM) en el sur. Esta margen es controlada por dos sistemas de fallas maestras: (1) la falla Laguna Salada que es una falla oblicua dextral-normal de alto ángulo que define la margen Oeste de la Sierra Cucapá sobre una distancia de ~35 km, y (2) la falla de "detachment" Cañada David (CDD) que es una falla normal de bajo ángulo, con transporte hacia el Oeste, que define la margen Oeste de la SEM sobre una distancia de ~60 km. Típicamente a lo largo de la falla Laguna Salada se localiza un solo escarpe sintético que coincide con la traza de la falla maestra. En contraste, la falla CDD por sí misma no corta las terrazas cuaternarias ubicadas al pie de la sierra, sin embargo existe una franja de escarpes de falla sobre estas terrazas y abanicos aluviales localizados al Oeste de la SEM. Las características de estos escarpes de falla permite inferir que, al igual que la falla Laguna Salada, la falla CDD ha experimentado cizalla durante el Cuaternario. Los escarpes de falla adyacentes a la falla CDD forman un amplio arreglo, compuesto de hasta 15 escarpes, que sigue en la misma forma las curvas macroscópicas de la traza de la falla CDD la cual define el borde irregular de la SEM. En forma paralela existe una banda de microsismicidad hacia el oeste del arreglo de escarpes y es posible que la deformación sismogénica este ligada a la deformación superficial a través de una falla de bajo ángulo. Aunque los escarpes tienen hasta ~7 m de altura, existen muchos escarpes antitéticos que restan la componente de cizalla vertical y aumentan la componente de cizalla horizontal.

Se calculó la relación de cizalla *horizontal:vertical total* sobre 11 transectos topográficos para estimar el ángulo de buzamiento de una falla maestra que esté controlando a los escarpes a profundidad. Se observó que la relación de deformación *horizontal:vertical total* cambia sistemáticamente con distancia de la SEM: Dentro de 150 m de la Sierra la relación varía entre 1.3 a 4 indicando ángulos de inclinación de la falla maestra de ~23° en promedio, sin embargo a distancias de 2.5 km la relación varía entre 0.45 y 0.70. Esto indica que el ángulo de inclinación de la falla maestra cambia de ~23° a ~60° con distancias de 150 m y 2.5 km respectivamente. Estas variaciones en el ángulo de buzamiento de la falla maestra son consistentes con una geometría antilítrica que pudo haber sido producida por el proceso de anticlinal

migrante (e.g., Wernicke y Axen, 1988). El radio de curvatura de la falla maestra se calculó en ~ 8.5 km. No obstante, una segunda posibilidad es que la variación del ángulo de inclinación de la falla maestra podría deberse a la manera a través de la cual fue acomodada la deformación antitética y no necesariamente debido a un cambio en la orientación de la falla maestra. Una falla maestra que conecte los escarpes con cizalla hacía los hipocentros de microsismicidad tendría una inclinación de $\sim 36^\circ$ que es un ángulo intermedio entre los 23° y 60° calculados con los perfiles.

GET-51

MODELO ESTRUCTURAL DE LA CUENCA WAGNER (GOLFO DE CALIFORNIA) BASADO EN SÍSMICA DE REFLEXIÓN MULTICANAL

Angel David Hurtado Artunduaga¹, Antonio González
Fernández², Arturo Martín Barajas², Juan Contreras P.² y Carlos
Mortera Gutiérrez¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: adhurtado@yahoo.com

² Depto. de Geología, CICESE

En este trabajo se presenta un estudio de la estructura de la Cuenca Wagner en el Norte del Golfo de California. Los datos fuente son secciones de sísmica de reflexión multicanal adquiridas en las campañas ULLOA-1999 con 1 s de penetración en tiempo doble (TD) y secciones sísmicas de PEMEX-1980 con 6 s de penetración en TD.

La Cuenca Wagner es una depresión alargada NNE-SSW de ~ 30 km de larga, ~ 20 km de ancha y está cubierta por un tirante de agua máximo de ~ 210 m. La parte E de la cuenca está cortada por la traza de la Falla Wagner en dirección $\sim N23E$. Hacia la parte W de esta traza, la cuenca está dominada por flexión de los horizontes sismoestratigráficos, los cuales están afectados por un fallamiento secundario antitético y sintético asociado a la Falla Wagner, que ocasionan pliegues de tipo rollover. La Cuenca Wagner además está influenciada por un grupo de fallas en el borde NW de la Cuenca, que transfieren la deformación al sistema de Falla Cerro Prieto (SFCP).

La Falla Wagner es la principal estructura que controla la subsidencia del semigraben que conforma la Cuenca Wagner. La Falla de dirección $\sim N23E$ tiene una geometría lítrica buzando en su parte somera $\sim 79^\circ$ al NW y disminuye gradualmente a profundidad $\sim 58^\circ$ a 0.6 s de TD y $\sim 28^\circ$ después de ~ 1.8 s de TD. El fallamiento antitético y sintético tiene longitudes de trazas menores a 10 km y una dirección NE. La mayoría de estas fallas tienen componente lateral oblicua. La tendencia de migración de los depocentros es hacia el NNE-NE, lo que sugiere que el fallamiento en la Cuenca Wagner ha migrado en esa misma dirección como respuesta a una constante actividad de la Falla Wagner.

En el borde NW de la Cuenca Wagner el fallamiento tiene una dirección N-NNE y buza preferentemente hacia el E. Su relación con la Falla Wagner es incierta. Sin embargo, se interpreta que este fallamiento es una prolongación hacia el SSE de un dominio estructural al NNW de la Cuenca Wagner, definido en este estudio como Dominio Estructural Wagner-Cerro Prieto (DWCP). Aparentemente es de naturaleza transcurrente, por el cual se transfiere la deformación hacia SFCP de dirección NW-SE. La parte S de la conexión entre DWCP y SFCP ($\sim 31.35N$) limita dos segmentos de actividad del SFCP. Hacia el SE, el sistema tiende a ser inactivo, mientras que hacia el NW, el segmento del SFCP presenta evidencias de actividad reciente.

Bajo estas condiciones tectónicas, la Cuenca Wagner está limitada por dos sistemas transcurrentes, al N por DWCP y al S por el fallamiento NW-SE de la Cuenca Consag, lo cual sugiere que la subsidencia de la Cuenca Wagner esta relacionada con la deformación por extensión de una cuenca pull-a-part.

GET-52

SUBSIDENCE AND EXTENSION RATES OF LAGUNA SALADA BASIN, NORTHEASTERN BAJA CALIFORNIA, MEXICO, OBTAINED FROM CYCLICITY IN GAMMA RAY LOGS

Juan Contreras¹, Arturo Martín-Barajas¹ y Juan Carlos Herguera²

¹ Depto. de Geología, CICESE, Ensenada, B.C., México
E-mail: juanc@cicese.mx

² Depto. de Ecología, CICESE, Ensenada, B.C., México

Laguna Salada basin in northeastern Baja California, Mexico, is an active half-graben product of the trans-tensional tectonics of the Gulf of California. It lies at the boundary between the North America and Pacific plates, 15 km west of the Cerro Prieto-Imperial fault system. We present the results of a time series analysis of the uppermost 980 m of a gamma ray log from a geothermal exploratory well drilled in the proximity of the Laguna Salada fault, which bounds the basin on its eastern margin. Our analysis indicates its stratigraphy is cyclical and that the spectrum of the gamma ray log is similar to the spectrum of Pleistocene variations of oxygen isotopes, which strongly suggest an orbital origin. Based on this, we establish a correlation between the gamma ray log and oxygen stages to constrain ages of sediments with an estimated uncertainty of ~ 10 kyr. We found that sedimentation rates at ELS1 site have remained constant during the last 780 kyr. The sedimentation rate at the drilling site is 1.6 mm/yr. This value is extrapolated to obtain the vertical and perpendicular to strike slip rates of Laguna Salada fault. It is found that the vertical component is 4.22 mm/yr and the perpendicular to strike component is 1.55 mm/yr. These values are in agreement with values reported by other authors.

Our extrapolation indicates that the Laguna Salada fault system accommodates ~20% of the E-W relative motion between the North America and Pacific plates. The rest is being accommodated by other faults, most likely the Imperial-Cerro Prieto fault system. This is also of relevance for the seismic hazard of the region. On February 23, 1892 Laguna Salada fault ruptured generating an earthquake of estimated magnitude M 7-7.5 and a scarp with a mean height of 6m. Our displacement rate estimate places the recurrence interval for such events at ~1400 yr.

GET-53

**PATRÓN ESPACIO-TEMPORAL DE RUPTURAS
SUPERFICIALES EN LA MARGEN ORIENTAL DE
LAGUNA SALADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO:
DETERMINACIONES A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE LA
DEGRADACIÓN DE ESCARPES DE FALLA**

Ronald Spelz Madero, John Fletcher Mackrain y Juan Contreras Pérez

Depto. de Geología, División Ciencias de la Tierra, CICESE
E-mail: rspelz67@msn.com

Laguna Salada, situada en el extremo noreste de la península de Baja California, es una cuenca estructural con subsidencia activa ubicada en la zona de deformación entre las placas Pacífico y Norteamérica. La cuenca tiene la morfología típica de un rift continental y su margen oriental, donde se presenta la mayor subsidencia, se encuentra limitada por las Sierras Cucapá en el norte y por la Sierra El Mayor (SEM) en el sur. En este estudio se presentan resultados de la distribución espacio-temporal de un sistema de escarpes de falla cuaternarios en terrazas y abanicos aluviales, que está relacionado a una falla maestra de bajo ángulo que controla la porción centro sur de la margen oriental de la cuenca Laguna Salada, a lo largo del límite oeste de la SEM. Los parámetros de altura, ángulo de la pendiente máxima y ángulo de la pendiente regional fueron analizados para un total de 61 escarpes de falla, contenidos en 11 perfiles topográficos, utilizando el modelo de difusión para la degradación de escarpes. Las edades relativas calculadas, denominadas edades de difusión kt (e.g., Colman y Watson, 1983), muestran de manera general una disminución de la edad de los escarpes hacia el norte e la SEM. Esta tendencia es consistente tanto con la morfología de los escarpes, los cuales en algunos casos preservan caras libres, así como con la ubicación de eventos sísmicos históricos de importancia en la región norte de la SEM y suroeste de la Sierra Cucapá. La distribución multi-modal de la frecuencia de edades de difusión (kt) de los escarpes de falla en la margen oriental de Laguna Salada sugiere múltiples eventos de formación de escarpes. El intervalo de recurrencia de estos eventos no fue precisado, sin embargo existe evidencia a partir de la cual se puede especular que dicho intervalo podría oscilar en el orden de tiempo equivalente a una edad de difusión $kt = \sim 3$.

Finalmente, utilizando una edad absoluta (t) de 60,000 años (series-U) en un paleosuelo en los abanicos aluviales del extremo sur de la SEM (Carter, 1977), se calculó un valor *mínimo* $k = 4.01 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{año}$. Este valor de la constante de difusión de masa es menor que otros valores de k , que oscilan entre $10 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{año}$ y $60 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{año}$ y que han sido reportados para ambientes de clima árido, por lo que se considera que el valor de $k = 4.01 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{año}$ refleja razonablemente las condiciones climáticas hiperáridas, y tipo de litología, de la región de Laguna Salada. Sin embargo, debe considerarse como una primera aproximación del valor de la constante de difusión de masa para la región en lo que se llevan a cabo un mayor número de fechamientos absolutos de abanicos aluviales que permitan precisar aún más el valor de k .

CARTELES

GET-54 CARTEL

**ESTUDIO GEOLÓGICO DE LA PORCIÓN ORIENTAL DE
LA SIERRA LOS AJOS, NOROESTE DE SONORA,
MÉXICO**

Pedro Herrera López¹ y José Luis Rodríguez Castañeda²

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM, Hermosillo, Sonora
E-mail: geociencia@yahoo.com

² Instituto de Geología, UNAM, Hermosillo, Sonora

La Sierra de Los Ajos, en el noreste de Sonora, es compuesta por varias secuencias rocosas entre las que destacan rocas proterozoicas asignadas al Esquisto Pinal (1715 Ma), Granito Mesteñas (1400 Ma); rocas paleozoicas como la Cuarcita Bolsa y la Caliza Escabrosa del Misisípico; y rocas mesozoicas compuestas por un granito del Jurásico, por la Formación El Tuli y por el Grupo Cabullona del Cretácico Tardío. Dentro de la secuencia mesozoica es notable la ausencia del Grupo Bisbee del Cretácico Temprano, el cual presumiblemente ha sido erosionado. Esta diversidad de secuencias de diferentes periodos registra la evolución tectónica de la región y posiblemente del noreste de Sonora. Las relaciones estratigráficas las cuales nos muestran parte de la evolución del área son las siguientes: El Granito Mesteñas está intrusionando al Esquisto Pinal, las secuencias paleozoicas están en discordancia angular con las rocas proterozoicas. El granito jurásico está intrusionando tanto al Proterozoico como a las secuencias paleozoicas, a las secuencias vulcanosedimentarias del Cretácico Tardío, y las rocas Terciarias cubren discordantemente a todo el paquete de rocas descrito. Estructuralmente, las secuencias expuestas en la Sierra de Los Ajos parecen formar parte de lo que se le ha denominado el Alto de Cananea y la falla que pone en contacto a las rocas de la Formación El Tuli con las rocas proterozoicas y paleozoicas es una estructura mayor que puede ser el límite estructural noreste del Alto de Cananea. La porción oriental del área estudiada (Sierra Las Mesteñas) representa un bloque con

orientación NNW. Este bloque corresponde litológicamente con la porción oriental de la Sierra de Los Ajos y puede ser parte de otros que se han descritos algunas decenas de kilómetros al norte del área de estudio. Una observación importante del presente trabajo es que la deformación observada en el área está representada solamente por un basculamiento en general hacia el noreste, siendo notable la ausencia de pliegues asociados a compresión. También la presencia de fallas es menor, observándose algunas fallas normales dentro de la secuencia del Cretácico Tardío y en las rocas del basamento.

Este bloque representa una zona de potencial minero para prospectos a tajo abierto, ya que como un alto de basamento puede ser susceptible de exploración, si consideramos que en los principales yacimientos de cobre del estado se encuentra involucrado el basamento cristalino. El área ha sido explorada por pórfidos cupríferos, se observan vetas de fluorita, galena y particularmente se observa una mineralización tipo skarn en calizas paleozoicas que son intrusionadas por el granito jurásico.

GET-55 CARTEL

MAPA GEOLOGICO ESTRUCTURAL DEL ORIENTE DEL ESTADO DE GUERRERO

Maria Fernanda Campa-Uranga y Francisco Javier Avila-Ramos
Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero

E-mail: mfernanda@data.net.mx

Los modelos e hipótesis en torno a la naturaleza y evolución geológica de la Sierra Madre del Sur -terminación austral del continente Norteamericano- tienen respaldos con información básica estadísticamente no representativa, a pesar de la información aportada por las escasas investigaciones realizadas hasta hoy.

Los recortes a los de por si bajos presupuestos otorgados a la investigación en México, han producido en los últimos tiempos un fenómeno de bajo rendimiento en las observaciones directas de campo y en los análisis de laboratorio que produce cada día menor información básica en mapas geológicos y en sus bases de datos asociadas, fenómeno acumulado que va deteriorando el sustento confiable de hipótesis y modelos propuestos. La creación de mapas geológicos no tiene reconocimiento quien-sabe-porqué y el resultado es el copiado creciente nada creativo de mapas anteriores sin reconocimiento de sus fuentes originales. A pesar de ello, se realizó un proyecto de mapeo de geología básica en el oriente del Estado de Guerrero, CONACYT-29018 que aporta nueva cartografía geológica para investigación y docencia, con sus bases de datos y hallazgos anexos, y que nos permite revisar hipótesis y modelos previos.

El mapa abarca una superficie cercana a 70,500 km² del Oriente del estado de Guerrero y áreas colindantes de los estados de México, Morelos, Puebla y Oaxaca, superficie equivalente a más de la mitad del territorio guerrerense que

comprende una de las problemáticas geológicas más complejas. Fue digitalizado en escala 1:250,000 pero con algunas áreas clave mapeadas en escala 1:50,000 y 1:25,000.

El proceso mismo de mapeo geológico es parte integral y fundamental de cualquier investigación de rocas de la litósfera que afloran, y como tales, muestran la composición, edad y el estado de deformación de la corteza terrestre en el área investigada que se representa en el mapa geológico. No significa solamente la meta concreta de producir un mapa, sino la riqueza misma de la problemática real que refleja y el espectro completo de actividades de campo y laboratorio requeridas para el análisis preciso de la composición, edad y geometría de los conjuntos de rocas que forman una unidad mapeable que pretende definir el evento geológico que les dio origen y su representación geométrica tridimensional en tres escalas: regional, afloramiento y muestra-microscopio. Las técnicas de observación, análisis y mediciones son específicamente geológicas para mapear unidades litoestratigráficas y ensambles cartografiables en escala regional que reúnen formaciones en función de eventos y fenómenos geológicos con orígenes en paleogeografías comunes, información básica para modelos interpretativos.

GET-56 CARTEL

LA APERTURA DEL GEOSINCLINAL CORDILLERANO EN MEXICO, UN EVENTO TECTONICO DEL PROTEROZOICO MEDIO (1600-1000 M.A.)

S. Bazán Barrón y S.D. Bazán Perkins
Industria Minera Indio, S.A.
E-mail: bazanba@hotmail.com

Por definición tectónica la Faja Estructural Cordillerana (FEC) constituye uno de los cinturones orogénicos más conspicuos de la corteza terrestre que se distribuye a lo largo del Continente Americano, justo al occidente de los escudos arqueanos: Canadiense, Mexicano, de la Guayana, Brasileño y Platense en donde se definen las características propias de la FEC para cada segmento, según su ambiente paleogeográfico de sedimentación y ciclo geotectónico generado hacia la margen de cada uno de los mencionados escudos.

Tanto en el Cratón de América del Sur como en el territorio de México, la FEC exhibe una posición estructural definida; consistentemente distribuida por unos 8000 Km en forma paralela al poniente de las fajas parasincrónicas: Sunsás de Bolivia y Brasil como de la Oaxaqueña de México. Estas relaciones paleogeográficas, no se observan con respecto a la Faja Estructural Grenvilliana (FEG) que aparece como un evento parasincrónico aislado, al SE del Escudo Canadiense y de evolución tectónica diferente y con mayor intensidad metamórfica que las anteriores. No obstante, todas estas fajas precámbricas determinan su clausura compresiva con un evento sincrónico, hacia los 1000 m.a. para sus respectivos cierres orogénicos.

Otro rasgo paleogeográfico y tectónico peculiar se relaciona al hecho de que a lo largo del Cratón de América del Sur y en el territorio de México, la FEC se encuentra consistentemente distribuida también paralela, al oriente de la cadena laramídica de los enormes plutones anatectíticos de "cobre y molibdeno porfirítico" que básicamente bordean al mencionado continente, desde Alaska hasta la República de Chile. Esto sugiere que los depósitos de Cu y Mo corresponde a removilizaciones de una faja cratonizada bastante anterior, posiblemente del Proterozoico Temprano (2500-1800 m.a.).

Para determinar en México, el inicio de apertura del rift que originó el Geosinclinal Cordillerano, se parte de la conspicua discordancia que separa al eratema del Supergrupo Zimatlán del Proterozoico Temprano (2500-1800 m.a.), del Supergrupo Telixtlahuaca del Proterozoico Medio (1600-1000 m.a.) referida por Bazán (1984, 1985, 1987) y Bazán-Perkins (1990, 1994, 1996). Esta apreciación tectónica, parte del hecho de que la Faja Estructural Oaxaqueña (FEO) de característica concentración de minerales de titanio, tuvo su clausura orogénica debido a un evento de subducción en dirección oriente, mismo que originó el Arco Insular de Telixtlahuaca, (1375-1000 m.a.), del Proterozoico Medio en un proceso de mineralización tipo Kuroko, postulado por Bazán (1987) reconocido también para las secuencias del Gneis Huiznopala, Gneis Novillo y Gneis Carrizalillo.

Este evento de subducción en dirección oriente, se identifica por el acuíñamiento hacia el poniente de los depósitos de plataforma del Geosinclinal Oaxaqueño, así como por el cambio litológico y estructural abrupto para definir una discordancia entre los supergrupos Zimatlán y Telixtlahuaca que marca un hiatus de cuando menos 300 m.a. Estas disarmonías sólo se pueden explicar por la apertura de un rift que se originó y evolucionó a cuenca oceánica al occidente, de la Faja Estructural Oaxaqueña, (Bazán 1982). Estas relaciones estratigráficas y estructurales están bien expuestas en los cortes de caminos que parten del Valle de Oaxaca y se dirigen a La Herradura, Santa María Peñoles, Santiago Tlazoyaltépec, San Miguel Peras y Asunción Mixtepec, lugares donde también está expuesta la extensa Nappa de La Carbonera, identificada así por el poblado homónimo de la carretera federal Huitzo-La Herradura por Bazán y Bazán-Perkins (1984) cabalgando en sucesivas hojas de cobijadura sobre el antepaís, integrado por los paragneises de los grupos El Trapiche y Valdeflores del Proterozoico Temprano, en un plano de aloctonía casi horizontal que separa un intervalo erosionado de más de 1100 m.a. Estas mismas relaciones tectónicas, se han identificado para las secuencias del Gneis Huiznopala, Hidalgo y Gneis Novillo, Tamaulipas.

De esta consistente descripción de campo, se desprende que la única estructura de apertura oceánica en expansión que pudo haber ocasionado el evento de subducción en la FEO en dirección oriente, corresponde precisamente a la posible apertura del Geosinclinal Cordillerano al occidente y durante el Proterozoico Medio (1600-1000 m.a.), si no mucho antes.

Para determinar la edad precisa de la apertura del Geosinclinal Cordillerano, podemos partir que los depósitos de "Iron Formation" del Grupo Valdeflores, generados por actividad bacteriana a nivel global y parasincrónicos, culminó hacia los 1800 m.a. y aparentemente, estos sedimentos marinos cubrieron todo el territorio de México, antes de ser disectados por los rifts de las FEO y FEC. La existencia de estos yacimientos, se desprende de los afloramientos del Grupo Coyotillo, Santa Ana, Sonora, así como en la Sierra de Juárez y Vigallo, Oaxaca; condiciones que también se determinan para los emplazamientos o inyecciones de fierro tipo Kiruna de origen precámbrico que extensamente se distribuyen en todo el territorio de México, mismos que se relacionan a concentraciones ferríferas, residuales arenosas y brechadas de la parte superior de los mencionados grupos del Proterozoico Tardío.

Por tanto, la problemática a resolver está en determinar cual de los dos rifts que dieron origen a las FEO y FEC se abrió primero para originar la destrucción fragmentada y brechada de los "Iron Formación" del Grupo Valdeflores y Grupo Coyotillo. A fin de expresar un dato consistente, los autores prefieren dejar abierta la edad del rift que originó el Geosinclinal Cordillerano y postular que fue posterior a los 1800 m.a. y antes de los 1200 m.a. cuando se iniciaba la fase compresiva de la FEO en el territorio de México. Esto es, en un tiempo intermedio entre los 1500 ± 100 m.a. que podrá ser constatado por la edad de los derrubios residuales de los depósitos ferríferos, acumulados en las márgenes de los rifts que les dieron origen, como los existentes en el yacimiento de Almagres, Veracruz; también en San Miguel Peras, Oaxaca; o bien, a partir de las removilizaciones subyacentes que originan los emplazamientos de contacto térmico, como aparecen en Los Humos, Oaxaca, Las Truchas, Michoacán; Peña Colorada, Colima-Jalisco; Cerro del Mercado, Durango; La Negra, Chihuahua y Hércules, Coahuila que derivan de los "iron formation" de origen precámbrico.

GET-57 CARTEL

DEFORMACIÓN DEL CRETÁCICO TARDÍO Y TERCIARIO TEMPRANO EN EL SUR DE MÉXICO, APROXIMACIÓN POR MODELO ANALÓGICO

Mariano Cerca¹, Marco Bonini², Giacomo Corti³, Luca Ferrari¹, Dora Carreón-Freyre¹ y Piero Manetti⁴

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro., México
E-mail: mcerca@geociencias.unam.mx

² CNR, Istituto di Geoscienze e Georisorse, Laboratorio de Modelado Analógico, CNR, Centro Studio Geologia dell'Apennino e delle Catene Perimediterranee, Sezione di Firenze, Firenze, Italia

³ Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Pisa, Pisa, Italia

⁴ CNR, Istituto di Geoscienze e Georisorse, Pisa, Italia, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad degli Studi di Pisa, Italia

Una serie de experimentos de modelado analógico se realizaron con el fin de estudiar los patrones de deformación geológica en modelos estratificados con comportamiento frágil-

dúctil y una diferencia de espesor. Los modelos analógicos permiten el estudio de la geometría, cinemática y dinámica de prototipos naturales en una escala pequeña y en tiempo menor. En este caso, los experimentos simulan dos eventos tectónicos superpuestos que afectaron presumiblemente una gran parte del sur de México: 1) Orogenia Laramide caracterizada por acortamiento progresivo hacia el oriente y 2) Exhumación de la margen continental y transpresión lateral izquierda hacia el sur oriente; con intervalos de actividad entre 88 a 67 y 60 a 34 millones de años respectivamente. La geometría simplificada del modelo se construyó con base en la información geológica, estructural, geocronológica y geofísica disponible en la literatura para el sur de México y nuestros propios estudios de campo. Los modelos se construyeron en un aparato que simula la deformación, ubicado en el Laboratorio de Modelado Analógico de la Universidad de Florencia. Este aparato permite el movimiento de dos paredes ortogonales y es capaz de simular acortamiento y tensión con ángulos variables. Los modelos se escalan de tal manera que 1 cm en el modelo es aproximadamente equivalente a 20 km en la naturaleza. Para simular la corteza inferior se utilizó una mezcla de silicón y arena de cuarzo con una densidad media de 1450 kg m^{-3} y viscosidad dinámica $\eta = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, mientras que para la corteza superior se utilizó arena de cuarzo con una densidad media de 1380 kg m^{-3} y cohesión insignificante. Las dimensiones de los modelos fueron 40 cm de longitud, 39 cm de ancho y 1.5 cm de espesor promedio. Un bloque con forma de paralelepípedo que representa un bloque continental rígido (terrenos Mixteco y Oaxaca) se construyó en uno de los lados del modelo. El bloque se construyó alternativamente de arena o arcilla plástica húmeda. La arcilla tiene una densidad de 2500 kg m^{-3} y alta cohesión ($\sim 40\text{-}60 \text{ kPa}$). El espesor del material frágil se incrementó hasta 1.15 cm dentro del bloque rígido, en el resto del modelo se mantuvo constante en 0.75 cm. El escalamiento de la tasa de deformación se hizo de acuerdo a la ecuación $\sigma^* = \sigma_{\text{modelo}} / \sigma_{\text{naturaleza}} = \rho^* \cdot g^* \cdot l^* = \epsilon^* \cdot \eta^*$, donde el asterisco representa la relación entre la variable en el modelo y en la naturaleza. Los modelos se acortaron 42 mm con una velocidad de 6 mm/h en el primer episodio de deformación y en el segundo una pared perpendicular se movió 72 mm con una velocidad de 15 mm/h y un ángulo de 15° con respecto al lado adyacente. Se realizaron 9 experimentos con dos arreglos distintos. En el primer arreglo se construyó el bloque rígido adyacente a la pared móvil de la segunda fase de deformación, mientras que en el segundo el bloque se construyó separado de la pared móvil para permitir rotaciones. En ambos casos se varió consecutivamente el material de construcción del bloque. Los resultados muestran que patrones de deformación similares se desarrollaron en cada caso, aunque en los modelos con el bloque de arcilla las estructuras se acentuaron y se desarrolló acunamiento del bloque en la arena. Los modelos reprodujeron la mayoría de las estructuras observadas en el prototipo natural.

GET-58 CARTEL

ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS CUENCAS TRANSTENSIONALES: LA CUENCA DE SANTA ROSALÍA DEL MIOCENO-PLEISTOCENO, EN EL MARGEN OESTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y LA CUENCA DE MENDIBELZA EN EL GOLFO DE GASCÓN CRETÁCICO, PIRINEOS OCCIDENTALES, FRANCIA

Raúl Miranda-Avilés, Robert Bourrouilh y Enrique Hiparco Nava-Sánchez

CIBAMAR, Université de Bordeaux I, Avenue des Facultés, Talence, France

E-mail: rmirandamx@yahoo.com.mx

La comparación se basó en el análisis secuencial evolutivo de las cuencas transtensionales de Santa Rosalía en el margen Oeste del Golfo de California y de Mendibelza, en los Pirineos occidentales al Sur de Francia. Estas cuencas evolucionaron como parte de un límite de placas divergente oblicuo. Ambas cuencas se originaron en respuesta a distensión ortogonal inicial seguida por una y distensión oblicua.

La cuenca de Santa Rosalía evolucionó como parte del rift oblicuo del Golfo de California, que nace en la fase de distensión ortogonal NE-SW del Mioceno medio (11-12 Ma) conocido como Proto-Golfo de California. El análisis secuencial muestra 3 megasecuencias principales: La megasecuencia T1 (Mioceno superior-Plioceno inferior) constituida por facies de fan-delta y controlados por la subsidencia de medios grabens, en respuesta a la distensión ortogonal (Proto-Golfo). La megasecuencia T2 (Plioceno inferior-medio) representada por facies de frente deltaico a plataforma, depositada en respuesta al inicio de la apertura generalizada del eje del Golfo. La Megasecuencia T3 (Plioceno superior-Pleistoceno) se depositó en respuesta a la apertura generalizada del Golfo de California y el inicio de una regresión y levantamiento del margen este y norte de la cuenca, asociado probablemente a la actividad de la caldera la Reforma.

La cuenca de Mendibelza evolucionó en el margen sur del Golfo de Gascón desde el Jurásico superior hasta Cretácico superior, formando parte del límite divergente oblicuo entre la placa Iberia y Europa. Inicialmente el margen estuvo sujeto a distensión ortogonal, evolucionando en transtensión durante el Cretácico como producto de la rotación y desplazamiento lateral izquierdo de la placa Iberia respecto a Europa fija. El análisis secuencial muestra 3 megasecuencias de fan-delta y fan-delta slope. La megasecuencia K1 del Aptiano medio-superior es el reflejo de distensión ortogonal, la megasecuencia K2 Aptiano superior-Albiano inferior representa facies de slope debido a la aceleración del desplazamiento de la placa Iberia en respuesta a la apertura del Atlántico Norte y al inicio de la transtensión entre Iberia y Europa.

La megasecuencia transgresiva K3 Albiano inferior-Albiano superior representa un periodo de apertura generalizada en transtensión del Golfo de Gascón.

Las dos cuencas transtensionales analizadas presentan características en común tales como medios grabens, que forman segmentos kilométricos entre 5 a 20 Km. En ambas cuencas las fallas preexistentes y las creadas en los estadios iniciales del rift ortogonal, controlaron la evolución posterior de la cuenca, funcionando como fallas oblicuas o laterales en los estadios de transtensión.

GET-59 CARTEL

TECTONICA Y PALEOGEOGRAFIA DURANTE EL LIASICO Y JURASICO MEDIO, BASADA EN LA INFORMACIÓN PALINOESTRATIGRAFICA DE LAS CUENCAS DE HUAYACOCOTLA-EL ALAMAR , DE TLAXIACO Y TAMPICO-MISANTLA

Jaime Rueda-Gaxiola

Unidad de Ciencias de la Tierra, ESIA, IPN

E-mail: jaimerueda@compuserve.com.mx

La reciente información palinoestratigráfica, ha permitido conocer la distribución de las rocas continentales y marinas depositadas durante el Liásico y el Jurásico Medio en las cuencas de Huayacocotla-El Alamar y de Tlaxiaco, facilitando la construcción de un modelo tectono-sedimentario que ayuda a conocer la historia geológica jurásica.

En el Valle de Huizachal, se ha podido comprobar al menos una transgresión liásica de las propuestas por Rueda-Gaxiola en 1994 con base en el estudio palinoestratigráfico de las secuencias de lechos rojos aflorantes en el Anticlinorio de Huizachal-Peregrina, apoyado con análisis de Rayos X y de Rock-Eval. En efecto, en Noviembre de 2001 durante una práctica de Geología de Campo, fue descubierto un afloramiento de calizas intercaladas entre los lechos rojos de la Aloformación Huizachal, cerca de la localidad donde, en 1999, fueron muestreados lechos rojos que contienen glauconita. El emplazamiento de las calizas se encuentra arriba de una discordancia, y debajo de lechos rojos laminados y calcáreos. Esta discordancia representa un cambio notable de las condiciones de depósito de las unidades infra- y supra-yacentes, ya que en la secuencia inferior predominan las rocas volcánicas del Alomiembro Río Blanco y en la superior las rocas equivalentes al Alomiembro Volcanosedimentario. Esta discordancia probablemente corresponde a la que se encuentra entre la Aloformación Huizachal (Rethiense) y la base de la Aloformación La Boca (Sinemurenses-Pliensbachense) en varias secuencias de lechos rojos del Anticlinorio, arriba de la cual se encontraron fósiles marinos y glauconita. Esta probabilidad hace que se considere que el Alomiembro Río Blanco sea propiamente la Aloformación Huizachal y que el Volcanosedimentario probablemente es Liásico y equivalente a la Aloformación La Boca.

Por otra parte, los resultados palinoestratigráficos obtenidos por Jorge Jiménez-Rentería, en el Anticlinorio de Tlaxiaco, sitúan al Conglomerado Prieto (parte superior del Grupo Consuelo) en la Edad Sinemurenses y a la Formación

Cuarcítica Cualac (parte inferior del Grupo Tecocoyunca *sensu* Jiménez-Rentería) en una Edad Pliensbachense-Aalenense. Además, con base en su contenido orgánico y en su litología, se estableció una nueva estructuración del Grupo Consuelo (formaciones Rosario y Conglomerado Prieto) y del Grupo Tecocoyunca (formaciones Cuarcítica Cualac, Zorrillo, Taberna, Simón, Otatera y Yucunúti), correspondientes a dos secuencias sedimentarias depositadas bajo condiciones tectónicas diferentes en una cuenca comunicada inicialmente con el mar Pacífico, hacia el Occidente, y posteriormente también con el Golfo de México, hacia el Oriente, al inicio de su formación. Estas características de las secuencias de los anticlinorios de Huizachal-Peregrina y de Tlaxiaco, donde se han reportado también algunos intervalos de rocas calcáreas dentro de la secuencia de lechos rojos liásicos de la Fm. Rosario, permiten encontrar una continuidad entre la Fosa de Huayacocotla-El Alamar y el Graben de Tlaxiaco durante el Liásico Temprano y de éste con la Cuenca de Tampico-Misantla durante el Liásico Tardío y Jurásico-Medio.

GET-60 CARTEL

CARTOGRAFÍA Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL VALLE DE SAN MARCO, COAHUILA, MÉXICO

Montemayor-Sanchez Iair, Chavez-Cabello G, Cossio-Torres T.,

Aranda-Gómez J. y Jenchen U.

Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

E-mail: iair_mont@hotmail.com

El Valle de San Marcos corresponde a una de las escasas localidades donde aflora una falla de basamento en el noreste de México. Esta falla corresponde a la Falla de San Marcos, la cual limita estructuralmente al Bloque de Coahuila del Cinturón Plegado de Coahuila. Rocas del Pérmico (pizarras) fueron levantadas verticalmente y están expuestas en el sur del Valle. Este mismo levantamiento expone a rocas del Jurásico de las Formaciones Palomas, Tanque Nuevo y Norias. Además de granitos del Triásico que presentan deformación quebradiza. Esta localidad es controversial debido a que se ha sugerido que existió desplazamiento lateral izquierdo importante a lo largo de la Falla de San Marcos. Sin embargo, en este trabajo se discute el origen de la zona de falla vertical en el sur del Valle de San Marcos, de rumbo WNW-ESE, la cual presenta un cambio de orientación a cercanamente N-S en el límite noroeste de la Sierra de San Marcos-Pinos. De acuerdo al análisis de ejes de pliegues y los diferentes tipos de fallas existentes, sugerimos que el estilo de deformación presente es producto de levantamiento diferencial de bloques de basamento, los cuales generan zonas con transporte tectónico cercanamente perpendicular (p. ej. Provincia Laramide de los Estados Unidos de Norteamérica).

GET-61 CARTEL

DIGITAL GEOLOGIC CARTOGRAPHY OF THE TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT AND ADJOINING AREAS: AN ILLUSTRATED SUMMARY OF THE EVOLUTION OF NEOGENE VOLCANISM IN CENTRAL MEXICO

Luca Ferrari, José Rosas Elguera, Gerardo Carrasco Nuñez,
Tania Norato Cortez y Norma Gonzalez Cervantes
Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro., México
E-mail: luca@geociencias.unam.mx

We present the first version of the digital geologic map of the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) and adjoining areas of central Mexico. The basic structure of the work consists of three databases: geochronologic (over 850 ages), geochemical (over 2,000 analyses) and geologic (36 geologic units, 5 types of faults, vents and other volcanic features) that may be superposed on a geographic frame and other georeferenced documents through ArcView GIS (at present the version 8). The area covered by the cartography span 10° of Longitude (106°-96°W) and 3°75' of Latitude (19°-21°45'N). The geology has been compiled through an interpretation of all the available information and integrated with our new regional geologic surveys. The geologic units used in the compilations are basically chronostratigraphic and lithologic but are designed to emphasize the main volcanic episodes that took place since the Oligocene.

Volcanism belonging to the Sierra Madre Occidental consists of two main pulses: one during early Oligocene (34-27 Ma) and another during early Miocene (24-20 Ma). Both episodes are dominated by silicic ignimbrites and subordinates rhyolitic domes and lava flows, followed by minor mafic lavas. The early Oligocene volcanism is exposed along a wide belt with a NNW-SSE orientation from Queretaro and Jalisco to the north to Michoacan and Oaxaca to the south.

The first episode of the TMVB dates back to middle Miocene (16 to 11 Ma). It formed a broad arc mostly made of large polygenetic volcanoes of intermediate composition emplaced from western Michoacán (Long. 102°) up to the Palma Sola area along the Gulf of Mexico. Geochemical data are scarce but suggest that at least parts of the volcanic products are adakites. A calcalkaline volcanic arc was active during the same period in the area presently occupied by the Gulf of California (Comundú arc) and their remnants are well exposed in Baja California and, partly, in western Nayarit. No volcanism of middle Miocene age is present in Jalisco. In late Miocene (11 to 6 Ma) a voluminous mafic episode is recognized across the whole central Mexico to the north of the previous arc. These mafic lavas were emplaced along prominent extensional fault systems and show ages progressively younger from west (Tepic-Guadalajara) to east (Hidalgo-Veracruz). The chemical composition of the lavas span from calcalkaline to Na-alkaline, the latter located mostly at the eastern border of the altiplano and in the Gulf of Mexico plain (Poza Rica and Palma Sola). Large calderas and silicic dome complexes developed in

latest Miocene and early Pliocene (7.5 to 3.5 Ma) west of Mexico City (Long. 99°30') and at the eastern border of the altiplano (Hidalgo state). In the eastern part of the altiplano between Mexico City and the Cofre de Perote-Pico de Orizaba alignment a volcanic gap is observed between ~9 and 3.5 Ma. Lavas with an intra-plate affinity were emplaced since early Pliocene in the western and easternmost TMVB. Their volume, however, represent less than 10% of the contemporaneous subduction-related products. In the last 5 Ma many segment of the arc broaden by a southward migration of the volcanic front but volcanism remain active in the rear part of the arc.

GET-62 CARTEL

ONSHORE CRUSTAL STRUCTURE OF CHICXULUB IMPACT CRATER HINTED FROM MT STUDIES

Arzate Jorge A.¹ y Campos-Enríquez J. Oscar²

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro., México
E-mail: arzatej@unicit.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

This detailed MT study provides information about the deep continental structure of the Chicxulub impact crater (Yucatan, Mexico). In particular MT images of the electrical resistivity distribution along three radial profiles confirm the presence of shallow high resistive material at the crater center. Over this resistive high the MT soundings are featured by a sharper rise in resistivity related to the basement. This uplifted basement material coincides with the central structural high inferred in previous gravity, magnetic and MT studies. The top to the uplifted material is about 5 km in agreement with a recent seismic study. Its diameter is about 40 km and according to our images the basement material has been uplifted from a depth of about 10 km. The cenotes ring mark the rim of a deep basin featured by low resistivities. These low resistivities are interpreted as due to the fluids filling and interconnecting the fractures of this portion.

GET-63 CARTEL

FECHAMIENTO DE LAVAS ANDESÍTICAS DE LA FM. ZICAPA, EN EL LÍMITE ORIENTAL DE LA PLATAFORMA GUERRERO-MORELOS

Elisa Fitz Díaz¹, Ma. Fernanda Campa Uranga² y Margarita López Martínez³

¹ Instituto de Geología, UNAM

E-mail: elisafitz@yahoo.com.mx

Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, UAG, Taxco el Viejo, Gro.

³ Depto. de Geología, CICESE

La Formación Zicapa aflora a lo largo del límite oriental de la Plataforma cretácica Guerrero-Morelos, donde subyace a la Formación Morelos, y ambas son cabalgadas por la Formación Cosoltepec en el tramo de Papalutla, pero no se observa su relación con el Conglomerado Cualac-Grupo Tecocoyunca del Jurásico medio. Hacia el Sur, sin embargo, se observa

claramente que sobreyace al Conglomerado Cualac, y éste, a su vez, sobreyace a la Formación Cosoltepec en el área de San Juan de las Joyas, en la raíz de la Cabalgadura de Papalutla o anticlinorio de Tres Vestidos (Campa, *et al.*, 1998).

Esta unidad está formada por depósitos continentales de limolita, arenisca y conglomerado, intercalados con depósitos volcánicos de composición andesítica. Hacia la cima, las capas rojas limolíticas se interstratifican con bloques de caliza arrecifal con fauna del Aptiano-Albiano (Campa, *et al.*, 1997). Una andesita porfídica que aflora en el arroyo de Piedras Grandes, río arriba de Mezquitlán, fue fechada en 127 ± 2 Ma con el método Ar-Ar, que corresponde al Cretácico temprano, congruente con la edad paleontológica reportada anteriormente.

La nueva información aquí reportada aunada al conjunto de datos acumulados hasta hoy caracterizan a la Formación Zicapa como un ensamble de depósitos continentales sedimentarios-volcánicos, que se ajustan al modelo actual de la fosa de Etiopía, en África oriental, donde nació el concepto de aulacógeno. La columna geológica cretácica del oriete de la Plataforma es congruente con el ciclo de depósitos terrígeno-volcánicos tempranos (Zicapa), calizas (Morelos-Cuautla) y flysch terminal (Mexcala-Víbora), característicos de la evolución de una fosa-plataforma.

GET-64 CARTEL

DETERMINACIÓN DEL CAMPO DEL PALEOTENSOR EN LA PARTE CENTRAL DE LA CURVATURA DE MONTERREY, N.L.

Tomás Cossio Torres, Gabriel Chavez Cabello y Rolando Peterson Rodríguez
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
E-mail: tcossio@ccr.dsi.uanl.mx

Con base a los análisis de macro y meso-estructuras, en la parte central de la Curvatura de Monterrey, se ha podido observar la inversión del campo de esfuerzo, de una orientación NNE-SSW a una posición cercanamente E-W.

La documentación estructural se realizó en los flancos, núcleos de los anticlinales: Los Muertos, San Blas, Clavelillas, San Lucas, Victoria, Santa Cruz y Las Vigas.

Los resultados obtenidos del paleotensor de esfuerzo para la parte central de la Curvatura de Monterrey son similares con los que se tienen para la Sierra de Parras. Lo anterior permite interpretar que la inversión del campo de esfuerzo no es un resultado local, producto de la influencia de la paleogeografía, sino que muy probablemente debió haber un pulso tardío de la deformación Laramídica, el cual reactivo fallas maestras del basamento.

GET-65 CARTEL

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DE LA ZONA ORIENTAL DE LA PLATAFORMA GUERRERO-MORELOS

Mariano Cerca¹, Luca Ferrari¹, Margarita López-Martínez² y Alexander Iriondo³

¹ Centro de Geociencias, UNAM. Campus Juriquilla, Qro.

E-mail: mcerca@geociencias.unam.mx

² Laboratorio de Geocronología, Depto. de Geología, CICESE

³ U.S. Geological Survey, Argon Thermochronology Lab, Denver, Colorado, USA

Se presenta la cartografía geológico-estructural de la zona oriental de la Plataforma Guerrero Morelos, en un área de forma irregular comprendida aproximadamente entre 99°00' y 99°30' de longitud oeste y 17°30' y 18°15' de latitud norte. El objetivo principal del trabajo es documentar la distribución y estilo de la deformación del Terciario Inferior que afecta una amplia región del sur de México. Como documento preliminar se integró la información existente, procedente en gran medida de las cartas geológicas Chilpancingo y Cuernavaca en escala 1:250,000 editadas por el COREMI, y se realizó una interpretación de fotos aéreas 1:75,000. El trabajo de campo incluyó levantamientos estructurales detallados en transectos perpendiculares a las estructuras principales con observaciones en 800 estaciones. Además, se obtuvieron 12 edades $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ de unidades clave para la reconstrucción de la estratigrafía y la edad de la deformación. Finalmente, los datos se integraron en un sistema de información geográfica (Arc View). Se definieron 14 unidades cartográficas divididas en secuencias pre-Mesozoicas, Mesozoicas y Terciarias. Las secuencias pre-Mesozoicas incluyen el Complejo Acatlán, secuencia metamórfica del Paleozoico y su cobertura Jurásica compuesta por una secuencia clástica ligeramente metamorfoseada. Dentro de las secuencias Mesozoicas se encuentran: la Formación Zicapa constituida por lechos rojos del Cretácico Inferior; las formaciones Morelos y Cuautla que incluyen calizas y clásticos de edad Aptiano-Cenomaniano; y la secuencia siliciclástica de la Formación Mezcala de edad Turoniano-Maastrichtiano. Las secuencias Terciarias comprenden: lechos rojos continentales con rocas volcánicas intercaladas del Grupo Balsas con edades en el intervalo Maastrichtiano-Oligoceno, ignimbritas y riolitas del Oligoceno, y depósitos lacustres y fluviales. Los fechamientos isotópicos definen dos eventos volcánicos principales durante los intervalos de 67 a 59 y de 37 a 30 Ma. El primer evento posdata el final del acortamiento E-W atribuido a la orogenia Laramide en la zona y marca el inicio de la sedimentación continental. En la secuencia del Grupo Balsas se observan discordancias angulares, plegamientos y fallas transcurrentes consistentes con un evento de transpresión izquierda que relacionamos al desarrollo de la frontera de placas Norte América-Caribe. Esta deformación es mas intensa en la base de la secuencia de la Fm. Balsas y solo afecta ligeramente a las rocas del segundo evento volcánico (Oligoceno Inferior). Algunas de las estructuras Laramídicas están evidentemente

deformadas durante el episodio Terciario. En el sur del área se observaron replegamientos y rotación de los ejes verticales en el sentido de las manecillas del reloj. Mientras que en la parte norte, el efecto más importante es una zona de acortamiento al frente de la Falla Papalutla que provoca la ruptura del anticlinorio de Zacango y pliegues en las secuencias Terciarias.

GET-66 CARTEL

ESTUDIOS GRAVIMÉTRICOS EN VALLE DEL POTOSÍ, GALEANA N.L.

Vsevolod Yutsis¹, Jorge Arzate Flores², Francisco Medina Barrera¹ y Martín Rodríguez Pimienta¹

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

E-mail: vyutsis@ccr.dsi.uanl.mx

² Centro de Geociencias, UNAM

El estudio gravimétrico en Valle del Potosí se llevó a cabo con propósito de investigar una estructura geológica de la parte superficial de la capa sedimentaria. En esta área se hicieron 120 puntos de observación de gravimetría coordinados en una red uniforme. Las medidas fueron por gravímetro de CG-3 "Scintrex" con precisión de lectura de 0.005 mGal. La posición horizontal y vertical era determinada por nivelaciones con precisión 1.0 y 0.5 cm respectivamente. La latitud era determinada por GPS portátil y un mapa topográfico.

Durante las medidas el factor de temperatura se tuvo en cuenta, eliminación de valores extremos se hizo automáticamente etc. Las medidas se hicieron en una maya de perfiles con distancia entre los puntos de observación de 50 a 100 metros. Durante procesamiento de los datos los valores de la gravedad normal fueron calculados corrigiendo para el efecto de latitud, usando la GRS67 fórmula. La corrección de Aire Libre y corrección de Bouguer se calculó. La corrección del terreno no se hizo debido a la topografía muy plana en esta área. Se diseñaron las anomalías de gravedad de Aire Libre y Bouguer, finalmente. Para cada uno de estas anomalías se prepararon los mapas y gráficos. Además para cada uno de perfiles se construyó un modelo 2D de densidad.

La interpretación cuantitativa de los datos de gravedad esta basando en la sección geológica aquí de cuatro tipos litológicos de las rocas descritas con varias medidas de densidad. La capa superior se asume que corresponde a los suelos de origen orgánico (suelo orgánico) con media densidad 1.3-1.4 g/cm³. La mayor influencia al campo de gravedad anormal la tiene la capa de arena arcillosa con densidad 2.2-2.3 g/cm³. Por fin, como un basamento de densidad en esta área nosotros interpretamos calizas masivas que tienen una densidad hasta 2.5 g/cm³.

Conclusiones:

1. El valle de Potosí representa una cuenca sedimentaria, con un basamento de calizas masivas densas, cubiertas por una capa de sedimentos del areno-arcillosos menos consolidados. El espesor del último alcanza cien metros en la parte central, disminuyendo considerablemente en la periferia de la cuenca.

2. La parte superior de la capa sedimentaria esta representada por las hondonadas aisladas rellenas de suelos friables de origen orgánico. Las hondonadas tienen formas isométricas o los elipsoidales y alcanzan profundidades hasta 10-15 metros. Sus tamaños varían de 50x50 hasta 200x500 metros.

3. La estructura general de cuenca de Potosí es complicada por una serie de fallas normales. La falla más grande con amplitud en algunos decimos de metros se localiza en parte oriental de la cuenca. Tiene rumbo Noroeste. Es posible también de asumir la presencia más varias fallas y/o agrietamientos. Uno de ellos probablemente límite la cuenca (o parte de cuenca) en el Oeste. Así es probable que tectónicamente esta cuenca representa un graben pequeño, localizando dentro de un graben más grande. Este último probablemente caracteriza la estructura tectónica del Valle de Potosí.

GET-67 CARTEL

EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DEL SECTOR CHILPANCINGO-TIERRA COLORADA ESTADO DE GUERRERO: LIMITES ENTRE TRES TERRENOS TECTONOESTRATIGRAFICOS

Teodoro Hernández T.¹, Marcela M. Herrasti O.¹, Gabriela Solís P.², Ma del Sol Hernández B.², J. Julio Morales C.¹ y Angel Ramírez L.¹

¹ LUGIS, Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: tht@tonatiuh.igefcu.unam.mx

² LUGIS, Instituto de Geología, UNAM

El contacto estructural donde coinciden los límites de los Terrenos Mixteco, Guerrero y Xolapa, no está bien comprendido. El presente trabajo propone una interpretación que explica como han intervenido los procesos estructurales y magmáticos que afectaron el sector denominado como Chilpancingo-Tierra Colorada. Estos procesos estructurales y magmáticos los explicamos en tres eventos geológicos principales ocurridos entre el Eoceno y el Oligoceno, mismos que han afectado el contacto estructural de coincidencia de los terrenos antes mencionados.

Parte de la historia geológica que proponemos para el sector Chilpancingo-Tierra Colorada entre el Eoceno y Oligoceno comienza a partir de 47.7 ± 0.5 Ma, edad que se obtuvo en el LUGIS por el método de Rb-Sr, al fechar un miembro volcánico de la Formación Agua de Obispo de composición dacítica con gran contenido de biotitas. Esta edad eocénica coincide con algunos depósitos de las formaciones Balsas y Agua de Obispo. Durante el mismo tiempo geológico, interpretamos que estaba en proceso la exhumación del Complejo Xolapa desarrollando el cinturón milonítico de la Venta, con rumbo general NW-SE y una foliación inclinada de 15° a 33° al NE, mismo que se interpreta como el contacto tectónico entre el Terreno Xolapa con los terrenos Mixteco y Guerrero. Esta zona de cizalla se delimitó restringidamente hacia el W, quedando su límite con el río Xaltianguis. Sin embargo, nosotros distinguimos al norte de esta localidad dos

frangas miloníticas con las mismas características petrológicas y estructurales, nombrándolas informalmente como “cinturón del Ocotito” y “cinturón de Tlahuizapa”. Ambos cinturones los correlacionamos con el de la Venta, e interpretamos que este cinturón milonítico hace 47 Ma aún era continuo y seguía activo. El segundo evento reconocido fue la dislocación del cinturón milonítico, afectado por un conjunto de fallas laterales de desplazamiento derecho con orientación NE 40°. En la actualidad se reconocen en el Sector Chilpancingo-Tierra Colorada lineamientos que los hemos asociado con este conjunto de fallas laterales. Estos lineamientos están expuestos en una área de aproximadamente 20 km de espesor. Interpretamos que las fallas desplazaron al cinturón milonítico hacia el sur, identificándose tres segmentos dislocados del cinturón: la Venta, el Ocotito y Tlahuizapa. Paralelamente al sistema de fallas se encuentran secuencias volcánicas de composición félsica que formaron la Sierra de Alquitrán y los plutones de Tierra Colorada y Azinyehualco, coincidiendo su emplazamiento con las trazas del sistema de fallas.

El último evento reconocido que afectó la zona es la formación de una estructura de colapso subelíptica de dimensiones mayores a 20 km de diámetro, asociada a la evolución del vulcanismo que dió origen a la Sierra de Alquitrán. Este colapso reactivó las trazas de las fallas laterales en fallas normales, poniendo en contacto dos niveles corticales de edades contemporáneas, como el vulcanismo de la Sierra de Alquitrán de 30.3 ± 0.8 Ma y los plutones de Tierra Colorada y Azinyehualco de 33.7 ± 0.5 Ma.

Como parte de la evolución de este vulcanismo y estructura de colapso, reconocimos un conjunto de domos de resurgencia, de textura esferulítica y algunos vitrófidos, ambos de composición riolítica, que fueron fechados por K-Ar en 24.0 ± 0.8 Ma. Estos domos están emplazados en los bordes de la estructura de colapso.

GET-68 CARTEL

ESTRUCTURA Y EVOLUCIÓN DE LAS CUENCAS FÓSILES EN EL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA A PARTIR DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN MULTICANAL

Manuel Aragón-Arreola^{1,2}, Arturo Martín-Barajas¹ y Joann M. Stock²

¹ División de Ciencias de la Tierra, CICESE

E-mail: maragon@cicese.mx

² Seismological Lab, California Institute of Technology

El Rift del Golfo de California (RGC) se reconoce como un sistema “en echelon” de centros de dispersión y fallas transformantes con salto derecho que se propaga hacia el norte a un ambiente continental a través del sistema de falla San Andrés. La propagación del rift ha promovido el desarrollo y abandono de cuencas en ambos márgenes del golfo, pero aún se desconoce la estructura y profundidad de las cuencas abandonadas en el margen oriental. El procesamiento e interpretación de perfiles de sísmica de reflexión multicanal de

6 seg de registro colectados por Petróleos Mexicanos en la porción norte del Golfo de California permite analizar la estructura y evolución de este sistema de cuencas fósiles.

La Cuenca Tepoca (no reportada previamente) y la Cuenca Tiburón, son dos cuencas fósiles adyacentes con forma sigmoidal y dimensiones similares de ~110 km de largo en dirección NNW y ~70 km de ancho en dirección ENE. Estas cuencas están controladas por fallas con tendencia NW-SE que se traslapan longitudinalmente. El espesor máximo de sedimentos en C. Tepoca alcanza ~3.6 segundos de tiempo doble (TD) y el depocentro estuvo controlado por la extensión al sur de la Falla Cerro Prieto, con buzamiento al SW. En C. Tiburón la profundidad de los sedimentos llega a cerca de 5.3 seg (TD) y la máxima subsidencia se asocia a la Falla Tiburón, con buzamiento hacia el NE. Las cuencas están separadas entre sí por un alto intracuenca de dirección NW.

Las cuencas Tiburón y Tepoca presentan subsidencia sincrónica y sus unidades sismoestratigráficas se acuñan hacia el NW contra un alto estructural que las separa de las cuencas Delfín y Wagner, actualmente activas. Asociadas a este alto estructural y a la Falla Tiburón se han identificado intrusiones volcánicas. Las unidades sedimentarias más profundas de las cuencas Delfín cubren discordantemente los sedimentos de las cuencas Tiburón y Tepoca. Estos resultados indican que durante la propagación del rift hacia el noroeste, la actividad de las fallas y la subsidencia se relocalizó hacia las Cuencas Delfín Inferior, Delfín Superior y Wagner.

La estructura de las cuencas Tepoca y Tiburón sugiere el desarrollo de una gran cuenca “pull apart” que se rellena, segmenta y finalmente es abandonada al relocalizarse la subsidencia. Sin embargo, aún se desconoce si la extensión y subsidencia inicial de las cuencas se originó durante la extensión ortogonal asociada al “Basin and Range” o si es producto del régimen transtensivo relacionado a la extensión oblicua del RGC.

GET-69 CARTEL

PROCEDENCIA PAN-AFRICANA EN LA SEDIMENTACIÓN DE LA FORMACIÓN COSOLTEPEC DEL COMPLEJO ACATLÁN: EVIDENCIA DEL MARGEN PASIVO ORIENTAL DEL IAPETUS EN EL SUR DE MÉXICO

Joel Ramírez Espinosa¹, Joaquín Ruiz², George Gehrels², Antonio Flores de Dios González¹ y Javier Bustamante García¹

¹ Universidad Autónoma de Guerrero

E-mail: jumil85@yahoo.com.mx

² Universidad de Arizona

La Formación Cosoltepec es la unidad más distribuida del Complejo Acatlán, representa aproximadamente el 75% de los afloramientos de este complejo metamórfico. Litológicamente consiste de pizarras negras, filitas y cuarcitas de grano fino a medio. Notoriamente esta unidad no presenta horizontes importantes de calizas. La mayoría de las estructuras sedimentarias se encuentran obliteradas por una fuerte

deformación y un ligero metamorfismo en la facie de equistos verdes. Pese a esta deformación, en algunos sitios se pueden observar laminaciones, gradaciones y estructuras de deslizamiento (slump), por lo que se le podría considerar un depósito turbidítico.

La Formación Cosoltepec frecuentemente presenta cuñas tectónicas de basalto con estructuras almohadilladas y masivas. Geoquímicamente, estos basaltos se clasifican en alcalinos y toleíticos. Los primeros presentan altos valores de TiO_2 , Zr, Y y Nb muy típicos de Islas Oceánicas (OIB), coincidentes con las altas relaciones de $(\text{La/Yb})_N$ que varían entre 4.0 y 13. Los segundos presentan valores intermedios de TiO_2 entre 0.9 y 1.4 % en peso, así como valores bajos de Nb, Hf y Zr. La relación de $(\text{La/Yb})_N$ de los basaltos toleíticos presenta valores promedio de 1.2 con un ligero empobrecimiento en Tierras Raras ligeras y son consideradas de un ambiente de Dorsal Oceánica (MORB). Ambos tipos de basalto claramente sugieren un ambiente de piso oceánico.

Desafortunadamente, la edad de la Formación Cosoltepec no ha sido determinada ya que hasta el momento no se han reportado hallazgos de fósiles, sin embargo una muestra analizada de cuarcita de grano grueso, tomada en la región de Izúcar de Matamoros, Puebla., registró una población amplia de circones detríticos de 560 Ma., lo que sugiere, por una parte, una edad de sedimentación Cámbrico-Ordovícica y por la otra, una fuente de suministro de sedimentos Precámbrica y de origen Pan-Africana.

Este reporte sobre la procedencia Pan-Africana de los sedimentos de la Formación Cosoltepec, aunada a las características litológicas y geoquímicas de la secuencia, sugieren un ambiente de depósito de margen pasivo correlacionado con el límite oriental del antiguo Océano Iapetus. De acuerdo a los modelos paleogeográficos actuales, se sugiere que el Grupo Petlacingo del cual forma parte la Formación Cosoltepec, representa la terraza continental del noroccidente de la Gondwana situada entre África y Sudamérica como una prolongación al sur de Avalonia. Depósitos similares se reportan en el Terreno Gander del Oriente de Norteamérica.

GET-70 CARTEL

SEXTA EDICIÓN DE LA CARTA GEOLÓGICA DE MÉXICO, PARTE SUR, VERSION PRELIMINAR EN FORMATO DIGITAL

Enrique González Torres¹, Luca Ferrari², Dante Morán Zenteno¹ y Jesús Uribe³

¹ Instituto de Geología, UNAM

E-mail: eagtgaia@geol-sun.igeofcu.unam.mx

² Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

³ Consejo de Recursos Minerales, Pachuca, Hgo.

A poco más de 10 años de la quinta edición de la Carta Geológica de México escala 1:2,000,000 se presenta aquí la versión preliminar de la nueva edición de este documento geológico básico. En esta ocasión se presenta la mitad

meridional del mapa, al sur del paralelo 23°N. Del punto de vista técnico la mayor novedad consiste en haber migrado del mapa en papel a la cartografía digital que, en futuro, permitirá de publicar el mapa en disco compacto y en el web, así como de actualizar constantemente el mapa. La transición a la versión electrónica se ha realizado por medio de una cuidadosa digitalización del mapa geológico original en papel. Sucesivamente se han corregidos todos los errores geográficos existente en el documento original, los derivados por la deformación del papel así como los introducidos por la digitalización. El documento final, ahora georeferenciado, se ha importado a un Sistema de Información Geográfica para su posterior actualización a partir de mapas escala 1:250,000 y, en algunos casos, 1:50,000. Adicionalmente, el uso de un Sistema de Información Geográfica permite de superponer capas con información topográficas o imágenes de satélite, y de desplegar diferentes bases de datos (geocronológicos, geoquímicos, geofísicos etc.) para obtener una visión más completa de la geología.

La quinta edición del mapa, aparecida en 1992, sigue siendo un documento actual tanto en la estratigrafía utilizada como en la cartografía de muchas áreas. Sin embargo en la última década se han publicado un buen número de trabajos y fechamientos radiométricos sobre el magmatismo Cenozoico, lo que nos ha permitido de subdividir algunas de las unidades geológicas empleadas en la edición anterior y mejorar la cartografía de varias áreas de la Sierra Madre Occidental, de la provincia magmática terciaria de la Sierra Madre del Sur y de la Faja Volcánica Trans-Mexicana. El nuevo mapa permite apreciar con más claridad la migración de los arcos magmáticos Cenozoicos en el centro y sur de México.

Sesión

Geología y Geofísica Ambiental

Miércoles 6 — Jueves 7

SALA B

AGUAS SUBTERRÁNEAS

GGA-01

**CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA
ORIGINADA POR RESIDUOS SÓLIDOS DEL TIRADERO
MUNICIPAL DE LINARES, N.L.**

Héctor de León Gómez, Liliana Gpe. Lizárraga Mendiola y
Francisco Medina Barrera
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
E-mail: hdeleon@ccr.dsi.unal.mx

El Tiradero municipal de la ciudad de Linares se localiza a 1.5 km al sur del río Pablillo, colector principal de la presa de almacenamiento para agua potable "José López Portillo" (Cerro Prieto) y al este de Linares.

Allí se depositaron en un período de aproximadamente 20 años más de 315,000 ton de residuos sólidos generados por la actividad doméstica, municipal e industrial de los casi 100,000 habitantes de la ciudad de Linares.

Actualmente dicho sitio se encuentra clausurado y fuera de función debido a las contaminaciones de los aprovechamientos hidráulicos (pozos y norias) reportadas por los usuarios que habitan en su periferia.

Diversos estudios se han realizado en el área impactada: geológicos, hidrogeológicos, hidrogeoquímicos y de metales pesados. Los resultados piezométricos indican que los "lixiviados" se mueven en dirección hacia el río Pablillo. Los análisis físico-químico-bacteriológicos arrojan resultados de nitratos, coliformes totales y fecales muy por arriba de los límites establecidos en las Normas NOM-127-SSA-I-1999.

Análisis de metales pesados (Ni, Cr, Ag, Pb, Ar, Hg, Se, Cd y Ba) se realizaron a través de Espectrometría de Absorción Atómica de los pozos aledaños, indicando presencia de Bario, Arsénico, Selenio y Mercurio por arriba de los valores establecidos por la NORMA Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

Además se realizaron análisis de Hidrocarburos Pesados a través de Cromatografía de Gases, obteniéndose valores de 14 a 320 mg/L, muy por arriba de los establecidos (< 1 mg/L).

La meta de esta investigación es la de evaluar el impacto ambiental presente en las aguas subterráneas y las aguas superficiales del río Pablillo, proponiendo una serie de medidas de remediación y/o saneamiento del área impactada.

GGA-02

**PROBLEMÁTICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE LA
CIUDAD INDUSTRIAL DE LINARES/MÉXICO**

Héctor de León Gómez y Salvador Israel de la Garza González
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
E-mail: hdeleon@ccr.dsi.uanl.mx

La Ciudad Industrial de Linares cuenta con instalaciones industriales para la elaboración o almacenamiento de una gran variedad de productos que se pueden clasificar como químicos y/o biológicos. Entre las empresas más generadoras de residuos se encuentran maquiladoras, talleres e instalaciones correspondientes a derivados del petróleo.

Desde años atrás ha existido inconformidad de vecinos de los ejidos y colonias circundantes por el olor y sabor del agua de pozos y norias, teniendo que clausurar algunos aprovechamientos hidráulicos fuertemente contaminados. Además de esto, se han localizado descargas de residuos líquidos y sólidos de algunos sitios de la Ciudad Industrial directamente al Río Camacho, el cual aguas abajo se une al Río Pablillo y desembocan directamente a la presa de abastecimiento de agua potable Cerro Prieto.

El objetivo de este estudio es la evaluación de impacto ambiental del área, donde existe contaminación del agua generada por residuos sólidos y líquidos. Para esto se definió una metodología de trabajo, mediante estudios geológicos, hidrogeológicos, matrices y sobreposición de mapas y fotografías aéreas, para poder proponer las medidas de mitigación y/o remediación adecuadas. Dicho estudio se encuentran en la fase inicial de diagnóstico.

Se elaborará una carta piezométrica a detalle, donde resultados de estudios regionales anteriores coinciden en un flujo del agua subterránea hacia el Río Camacho. Además se realizarán una serie de análisis Físico-químicos y bacteriológicos del agua, estimando los cationes y aniones principales; así como análisis de Metales Pesados (arsénico, cadmio, bario, cobre, plomo, cromo, manganeso, fierro, zinc, mercurio y antimonio) y Grasas y Aceites.

Los resultados esperados son a) que el flujo del agua subterránea sea con dirección al Río Camacho, coincidiendo con estudios preliminares; b) que la concentración de algunos elementos presentes en el agua excedan los límites permisibles regidos bajo las normas correspondientes; c) la detección de impactos al entorno ambiental.

GGA-03

REUSO DE AGUA RESIDUAL EN EL DISTRITO DE VALSEQUILLO, PUEBLA. EVIDENCIAS DE INTERACCIÓN

Eloísa Domínguez-Mariani, Alejandro Carrillo-Chávez y A. Ortega

Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro
E-mail: eloisa@geociencias.unam.mx

En México, el 83% del total de agua subterránea que se extrae, se destina al riego de 6.3 millones de ha. Agua residual se usa en el riego de, al menos, 82 000 ha ubicadas en regiones áridas y semiáridas del norte y centro del país. Esta práctica se ha realizado a pesar del riesgo de impacto negativo e irreversible del agua residual en el suelo y agua subterránea.

El presente trabajo se llevó a cabo en la Primera Unidad de Riego del Distrito de Valsequillo, Puebla (10,485 ha), las fuentes de suministro son agua subterránea extraída del acuífero local y agua residual proveniente de la Presa Manuel Ávila Camacho ó Valsequillo. A esta presa llega agua residual sin tratamiento proveniente de los centros urbano-industriales de Puebla y Tlaxcala. El acuífero en estudio se considera como una fuente alterna de abastecimiento para la ciudad de Puebla, por lo que es de destacar la importancia de investigar a fondo el efecto del riego con aguas provenientes de la presa.

La presente investigación tiene los siguientes objetivos:

1. Caracterizar hidrogeoquímica e isotópicamente el agua subterránea y la residual.
2. Definir la interacción del agua residual aplicada al riego y la subterránea.
3. Definir el modelo hidrogeológico de comportamiento del acuífero en estudio.

Fuera del distrito de riego, para el suministro a la agricultura se utiliza solo agua subterránea, lo que ofrece la oportunidad de estudiar el contraste entre zonas con diferente régimen de riego y las modificaciones del estado natural del acuífero. La experiencia en el ámbito mundial y nacional para este tipo de estudios es poca, por lo que el estudio tiene particular importancia para la definición de las consecuencias ambientales de esta práctica en la zona de estudio.

Conclusiones:

A) El agua de riego tiene altas concentraciones en materia orgánica, grasas y aceites, microorganismos y hierro, que son de interés ambiental para la interrelación con el agua subterránea.

B) Las concentraciones del agua subterránea tienen predominancia de los iones Ca^{2+} y HCO_3^- y en general, mayor concentración de sólidos disueltos totales que el agua residual.

C) Existe interacción hidráulica, bacteriológica, hidrogeoquímica e isotópica entre el agua de riego y el agua subterránea.

D) Se realizó la zonificación del grado de interacción en el agua subterránea con el agua residual.

E) Se determinó el modelo hidrogeológico de comportamiento del acuífero somero.

GGA-04

ESTUDIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL PARA LA PROSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS FUENTES DE SUMINISTRO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ÁREA DE TELOLOAPAN, GUERRERO

Javier Bustamante García, César Fitz Bravo y Lourdes Soto Ríos
Universidad Autónoma de Guerrero
E-mail: jaboroc@hotmail.com

El proyecto evalúa las condiciones geohidrológicas en el poblado de Teloloapan Guerrero, en relación a las afectaciones producidas por las aguas residuales vertidas a la cuenca hidrológica local. Dicho trabajo parte de una investigación espeleológica de las cuevas y sótanos (resumideros) de las áreas tradicionalmente conocidas, así como de otras que fueron identificadas durante la exploración.

Los trabajos realizados consistieron de levantamientos geológicos a semidetalle a escala 1:10 000 apoyados con la interpretación de fotografías aéreas, imágenes de satélite y mapas geomorfológicos en un área de 50 kilómetros cuadrados; mientras que los trabajos de levantamiento del interior de las cuevas y sótanos fueron efectuados con cinta y brújula a escalas 1:1 000 ó 1:500 con una metodología propia de la espeleología.

Como resultado de este estudio se determinó la distribución de las diferentes unidades litoestratigráficas, las principales fuentes de suministro de agua que incluyen pozos rústicos (norias), manantiales y pozos perforados a mediana profundidad y; en subsuelo, a partir del mapeo de cuevas y sótanos, se determinó la morfología cárstica y su relación con la dirección de las corrientes subterráneas.

De acuerdo con los estudios de prospección espeleológica el Resumidero de Atlalac en su parte más profunda ofrece una posibilidad de suministro de poco más de 4 pulgadas de agua, mientras que la corriente subterránea del Resumidero de la Planta de Bombeo, aguas abajo de la obra de toma, puede aportar agua en más de 6 pulgadas.

En relación al impacto que produce la depositación de aguas residuales se determinaron los principales sitios de exposición, mismos que se encuentran en los límites de la zona urbana. En la exploración espeleológica realizada al resumidero localizado a un costado de la planta de bombeo y en la resurgencia del arroyo del poblado de Chapa se identificaron

desechos sólidos como bolsas y botellas de plástico, el agua se muestra con algunas concentraciones de espuma probablemente producto de detergentes, así también se presenta un olor fétido producto de la descomposición de la materia orgánica y falta de oxígeno. En ambos casos las aguas son bombeadas al poblado de Teloloapan para su uso doméstico. Esta situación se ve agravada por el depósito de un tiradero de basura localizado en la ladera sur de la cuenca.

A partir de la información geológica-estructural y espeleológica se determinó la dirección del flujo subterráneo en la cuenca y las afectaciones antropogénicas derivadas del crecimiento y la mala planificación urbana. A la fecha se realiza una evaluación cuantitativa de las afectaciones con la toma de muestras de agua para análisis microbiológicos y elementos pesados.

GGA-05

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE CAMPO Y LABORATORIO DE MUESTRAS DE AGUA DEL DISTRITO MINERO DE ZACUALPAN, ESTADO DE MÉXICO

Bocanegra-García Gerardo y Carrillo-Chávez Alejandro
Centro de Geociencias, UNAM
E-mail: gbg@geociencias.unam.mx

Se analizaron un total de 64 muestras de agua, 34 muestras corresponden a muestras de campo y 30 a muestras de columnas de lixiviación de jales en laboratorio. Las muestras de campo fueron tomadas dentro de la subcuenca donde se ubica la mina. Se llevaron a cabo dos periodos de muestreo, el primero de ellos en el estiaje y el segundo en la época de lluvias. Estas muestras fueron divididas en cuatro grupos; el primero de ellos corresponde a agua proveniente de manantiales y arroyos; el segundo, es agua de escurrimientos en fracturas y barrenos en el interior de la mina; el tercero, es agua de las galerías de desagüe de las presas de jales; y el cuarto es la mezcla de aguas del desagüe de las presas de jales y arroyos. Las muestras de agua del primer grupo determinan los valores de fondo de las concentraciones de los sólidos disueltos, presentes en la subcuenca. Estos valores de fondo son la referencia para comparar las muestras de agua provenientes de la actividad minera. Los resultados del primer grupo respecto a las concentraciones de sólidos disueltos son mucho menores a los encontrados en las muestras de agua de las galerías de las presas de jales. Los resultados en ambas épocas del año son similares con variación máxima del 15% para el ion sulfato. El sulfato es el ion que presenta concentraciones anómalas en muestras de agua provenientes del drenaje de jales y del nivel más profundo muestreado en el interior mina. Se proponen orígenes de las altas concentraciones de este ion. Los valores de concentración de elementos traza encontrados en la presente investigación son del orden de unidades a algunas decenas de $\mu\text{g/l}$ acorde a lo reportado en la literatura de drenaje ácido de minas proveniente de yacimientos de metales base con poca pirita y

pirrotita que se presentan en vetas de cuarzo y calcita, pero a lo que se encuentra indicado en la literatura de drenaje ácido de minas de yacimientos de sulfuros masivos con alto contenido de pirita, donde los valores reportados son del orden de mg/l . Asimismo, los valores de pH medidos en campo son del orden de 7.0 a 8.2 que también difieren de lo encontrado en otras investigaciones referentes a drenaje ácido de minas de yacimientos de sulfuros masivos con alto contenido de pirita donde se reportan valores de pH del orden de 2.0-5.0.

Tres columnas de lixiviación fueron montadas en laboratorio, cada una de ellas tiene una longitud de 2.00 m y diámetro de 15.24 cm. Las columnas se llenaron con jales. Las muestras de agua se tomaron a 0.25, 0.50, 1.00, 1.50 y 2.00 m de profundidad. Los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras obtenidas a los 2.00 m, presentan concentraciones de iones mayores con un comportamiento similar a aquellas de las muestras de campo obtenidas de las galerías de desagüe de las presas de jales, con un factor de entre 3 a 5 veces para el ion sulfato, mayor que el encontrado en las muestras de campo y un factor de 4 para el calcio. Los otros iones no presentan mayor variación.

CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDAD MINERA

GGA-06

EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD POTENCIAL DE JALES MINEROS

Francisco M. Romero¹, María A. Armienta² y Lupita Villaseñor³

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

E-mail: fmrch@hotmail.com

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Instituto de Geología, UNAM

Uno de los principales problemas ambientales derivado del manejo y disposición de los jales mineros es el drenaje ácido (DA), el cual es producto de la oxidación de los minerales sulfurosos que contienen. El desarrollo de DA en los jales es generalmente muy limitado durante la operación (jales activos) y se desarrolla lentamente a lo largo del tiempo, después que ha cesado la acumulación en el depósito (jales inactivos). La formación de DA no afecta todos los depósitos de jales y depende del contenido de minerales sulfurosos (capaces de producir ácidos) y carbonatos, arcillas e hidróxidos (capaces de neutralizar los ácidos generados), así como de las condiciones geográficas de los sitios donde están ubicados. La peligrosidad de los elementos potencialmente tóxicos (EPT) asociados a los jales varía ampliamente, aún para el mismo elemento, dependiendo de su movilidad. La fracción "soluble" (iones y coloides) es la que representa mayor peligro ya que podría ser movilizad y contaminar los cuerpos de aguas (superficiales y subterráneos). También se considera a esta fracción "soluble" como la más peligrosa debido a que puede estar fitodisponible y/o biodisponible.

Está en desarrollo una investigación que tiene como objetivo proponer una metodología para la evaluación del peligro potencial que representan los jales activos e inactivos en distritos mineros de México. Hasta la fecha, se ha realizado la caracterización química y mineralógica en muestras de jales activos (inalterados) e inactivos (oxidados) en los distritos mineros de Taxco, Gro. y Zimapán Hgo, y mediante la construcción de modelos termodinámicos se han establecido los mecanismos que controlan la movilidad de los EPT estudiados. Actualmente, se están realizando pruebas estáticas en las muestras de los jales activos para determinar si son (o no son) aptos para generar DA; y en las muestras de jales inactivos para valorar si todavía son capaces de seguir generando DA. También se realizarán pruebas cinéticas para determinar la velocidad y magnitud de la oxidación y la generación de ácido, así como para la predicción de la calidad de agua de drenaje.

Los principales resultados obtenidos indican que:

I. Los jales activos (inalterados) se caracterizan por: A) pH cercanos al neutro; B) Bajas concentraciones de sulfatos; C) Bajos valores de conductividad eléctrica; D) En su mineralogía destacan minerales primarios: minerales sulfurosos capaces de generar DA (pirita, galena, esfalerita, pirrotita), y minerales capaces de neutralizar la posible acidez generada (calcita y arcillas). Los resultados de los experimentos de extracción en muestras de estos jales indican que los EPT estudiados son poco o nada "solubles", por lo que actualmente no representan un peligro para el entorno. Sin embargo, la cantidad de minerales sulfurosos que contienen hace necesario que su peligrosidad se evalúe utilizando pruebas estáticas y cinéticas que permitan pronosticar su comportamiento futuro.

II. Los jales inactivos (oxidados) se caracterizan por: A) pH bajos (son capaces de producir drenaje ácido); B) Altas concentraciones de sulfatos; C) Altos valores de conductividad eléctrica; D) En su mineralogía es característica la presencia de minerales secundarios (goetita, ferrihidrita, yeso, óxidos y sulfatos de Pb, arseniatos de metales transicionales). Además de los minerales secundarios se reportan algunos minerales sulfurosos como la pirita, calcopirita, argentopirita y galena. Los resultados de los experimentos de extracción en muestras de jales inactivos (oxidados) indican que la "solubilidad" de los EPT estudiados es relativamente alta: As entre 0.006 y 48.68 mg/L, Cu entre 0.06 y 25.5 mg/L, Zn entre 1.5 y 470 mg/L y Fe entre 1.88 y 1185 mg/L, por lo que actualmente representan un peligro para el entorno.

III. La solubilidad del Pb es poca o nula tanto en jales activos como inactivos, por lo que no representa un peligro para el entorno.

IV. La combinación de los fenómenos de precipitación (formación de minerales secundarios como arseniatos de metales transicionales, anglesita (PbSO_4), goetita) y sorción

(quimisorción de aniones y cationes en superficies de oxo-hidróxidos de Fe, calcita y arcillas) parecen estar controlando la solubilidad de los elementos potencialmente tóxicos estudiados (As, Pb, Cu, Zn y Fe).

GGA-07

GEOQUÍMICA AMBIENTAL DEL DISTRITO MINERO DE POZOS, GUANAJUATO

Alejandro Carrillo-Chávez¹, Eduardo González-Partida¹ y Ofelia Morton-Bermea²

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.
E-mail: ambiente@geociencias.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

El Distrito Minero de Pozos esta localizado a 10 Km. al sur de San Luis de la Paz, en el extremo noroeste del estado de Guanajuato. Vetas epitermales cuarcíferas, ricas en plata y oro, fueron descubiertas desde mediados de siglo XVII (1600's), pero la principal actividad minera de la región se dio en el periodo de 1880 a 1926. La explotación del distrito se estima en mas 1,200,000 toneladas de material con leyes promedio de 1.35 kg/t de plata y 8.5 g/t de oro. Localmente algunas vetas dieron leyes de hasta 2.5 kg/t plata y 40 g/t oro. Los jales mineros fueron depositados sobre el cauce del arroyo principal y dispersados hidrodinámicamente sobre una gran área. Las concentraciones de Cr, Co y Ni en rocas, sedimentos y jales están por debajo de las concentraciones promedio en la corteza de la tierra. Pero las concentraciones de Cu, Zn, As, Cd y Pb en rocas, sedimentos y jales están por arriba de las concentraciones promedio en la corteza de la tierra. Las concentraciones en los jales son: As=109 a 306 mg/kg; Cd=1.5 a 2.1 mg/kg; Cu=95 a 140 mg/kg; Pb=85 a 145 mg/kg; y Zn=109 a 306 mg/kg. Concentraciones de As y Pb en agua subterránea son: As=0.011 a 0.090 mg/l; y Pb=0.025 a 0.035 mg/l (generalmente arriba del estándar para agua potable). Experimentos de la celda húmeda y de columnas de lixiviación se desarrollaron en sedimentos de arroyo y jales mineros a fin de determinar el potencial de lixiviación de metales pesados hacia el agua subterránea. Los resultados de estos experimentos indican que el potencial de lixiviación de As es relativamente bajo (lixiviados con menos de 0.050 mg/l). Lo mismo puede decirse del plomo, cuyas concentraciones en los experimentos de lixiviación variaron de 0.001 a 0.180 mg/l, con un promedio de 0.010 mg/l. Sin embargo, las concentraciones de zinc en los lixiviados fueron relativamente altas (hasta 80 mg/l). Estos resultados indican que, dada la relativa baja cantidad de jales disperses (menos de 1.2 millones de toneladas), las concentraciones de As y Pb en agua subterránea pudieran bien ser debido a fuentes y procesos naturales (valores naturales de fondo) en la zona mineralizada. Sin embargo, las altas concentraciones de Zn en los jales y los lixiviados (hasta 306 mg/kg y 80 mg/l, respectivamente) indica que el Zn pudiera estar presente en una fase secundaria relativamente soluble (esmitsonita?). Pero bajo las condiciones naturales del acuífero (pH neutro y alto contenido de Fe), el Zn en solución es controlado por procesos de adsorción en oxihidróxidos de Fe.

GGA-08

GEOQUÍMICA DE LOS JALES DE LA MINA DE ZACUALPAN, ESTADO DE MÉXICO Y SU RELACIÓN CON LOS RESULTADOS HIDROGEOQUÍMICOS DE CAMPO

Bocanegra G. Gerardo, Carrillo Ch. Alejandro y Arteaga L. Nubia

Centro de Geociencias, UNAM
E-mail: gbg@geociencias.unam.mx

Se analizaron por medio del microscopio electrónico de barrido tres muestras de la parte superior de los jales de la mina de Zacualpan, Estado de México, con el objeto de determinar las características y alteraciones de los sulfuros presentes en dichos jales. La cantidad de sulfuros presentes en las muestras equivale aproximadamente al 2% del volumen total de los materiales presentes en las muestras. Los principales sulfuros encontrados son en orden de mayor a menor presencia, pirita, esfalerita, galena y calcopirita. La mayoría de los fragmentos de los sulfuros no presentan bordes de alteración, mostrando bordes nítidos y bien definidos, que indican su bajo grado de oxidación. Estas observaciones concuerdan con los resultados hidrogeoquímicos encontrados en las muestras de agua de las galerías de desagüe de las presas de jales, con relación a los valores altos de pH (7-8) y los bajos valores de las concentraciones de elementos traza (del orden de unidades de $\mu\text{g/l}$). Asimismo, se relacionan resultados de difracción de rayos X con resultados generados de la modelación hidrogeoquímica a través del programa PHREEQC.

GGA-09

PROCESOS GEOQUÍMICOS DEL ARSÉNICO EN JALES MINEROS DE ZIMAPÁN, HIDALGO

M.A. Armienta, M. Méndez, O. Cruz, A. Aguayo y N. Ceniceros

Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: victoria@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

El agua subterránea de Zimapán, Hidalgo presenta elevadas concentraciones de arsénico (hasta 1.1 mg/l). Esta contaminación se ha debido a fuentes naturales y antropogénicas. La solubilización de minerales de arsénico, principalmente arsenopirita y escorodita, ha ocasionado contenidos elevados de arsénico en los pozos profundos que explotan el acuífero calizo; la lixiviación de jales mineros y la infiltración de los humos producidos por las fundidoras que operaron en la primera mitad del siglo XX, han contaminado algunas norias. En este trabajo se presentan los resultados de una investigación sobre los procesos geoquímicos involucrados en la movilización del arsénico, a partir de jales mineros en Zimapán. Se tomaron muestras de jales con diferente antigüedad ubicados en la zona urbana, en los cuales se efectuaron determinaciones físico-químicas y mineralógicas. Los valores de conductividad, pH y concentraciones de sulfatos se

obtuvieron a partir de lixiviados acuosos de los jales. Además, se utilizó la extracción secuencial selectiva, que consiste en la disolución del material sólido con varios extractantes, para determinar la distribución del arsénico en fases con diferente movilidad ambiental. Se encontraron altos contenidos de arsénico total (hasta 87,460 mg/kg) en todos los jales. Mediante el análisis por difracción de Rayos X se observó la presencia de arsenopirita en la mayoría de las muestras. Los resultados de la extracción secuencial selectiva mostraron que la mayor parte del contaminante se asocia a las fracciones residual, y a la fracción de oxohidróxidos de Fe y Al. El arsénico en estas fases es poco móvil excepto si se producen cambios en las condiciones físico-químicas. Sin embargo, se determinaron altas concentraciones de arsénico en las fracciones soluble e intercambiable (hasta 6930 mg/kg), el cual puede movilizarse más fácilmente y contaminar al ambiente. Las altas concentraciones de sulfatos (hasta 2200 mg/L) indican que han ocurrido procesos de oxidación de los sulfuros y generación de drenaje ácido (pH de 3.3 en los jales más antiguos). Se identificaron minerales secundarios como yeso y jarosita cuya precipitación forma parte importante de los procesos geoquímicos que ocurren en los jales. En particular, los arseniatos pueden sustituir a los sulfatos en la estructura de la jarosita. Por otro lado, la presencia de calcita como mineral primario en los depósitos de jales incrementa el pH y favorece la formación de oxohidróxidos de Fe y Al, que pueden adsorber al arsénico. Debido al peligro ambiental que representan los jales estudiados, es necesario adoptar medidas para minimizar la movilización del arsénico hacia el entorno, entre ellas es recomendable la mezcla de los depósitos con cal o caliza.

GGA-10

METALES PESADOS RELACIONADOS CON ACTIVIDADES MINERAS EN LA REGIÓN DE TAXCO, GUERRERO

Oscar Talavera Mendoza¹, María Aurora Armienta Hernández², Azucena Dótor Almazán³, Nestor Flores Mundo³ y José García Abundis³

¹ Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero

E-mail: oscartalavera@prodigy.net.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Estudiante de Geología, Universidad Autónoma de Guerrero

En la región de Taxco se han reconocido siete depósitos de jales y un terrero los cuales han sido estudiados a través de técnicas de microscopía, XRD, MEB y de los contenidos de metales de las fracciones solubles y disponibles por AAS e ICP-AES. Los suelos alrededor de los depósitos han sido igualmente estudiados así como las características físico-químicas de los lixiviados.

En total, los desechos mineros contienen mas de 25 millones de toneladas. Todos presentan altos grados de oxidación con excepción de la parte superior de los jales Guerrero I y de La Concha. Las fases primarias incluyen al

cuarzo, fragmentos de roca (esquistos y volcánicos) y escasos ferromagnesianos mientras que la calcita y fragmentos de caliza sólo han sido reconocidos en los jales menos oxidados. Los sulfuros se encuentran mayoritariamente en los depósitos no oxidados ricos en calcita e incluyen a la pirita y a la esfalerita con poca pirrotita, galena, calcopirita, sulfosales de plata y arsenopirita. En los jales oxidados los sulfuros son escasos o están completamente ausentes y en su lugar predominan los oxihidróxidos de Fe. Los minerales secundarios y terciarios encontrados incluyen al yeso, azufre, calcocita, bruchita, keoheita, nimita, hetaerolita, minerales del grupo de la jarosita, eponita, hexahydrata, hematita, arcillas así como precipitados amorfos y oxihidróxidos pobremente cristalizados.

Todos los depósitos de jales se caracterizan por presentar altas concentraciones de Ag, Cu, Pb, Zn, As, Cd, Mn y Fe y rebasan en varios órdenes de magnitud las concentraciones regionales de fondo para suelos de cultivo. Los jales oxidados se caracterizan por presentar valores de pH ácidos (<3), altas conductancias (>700 mS/cm) y altas concentraciones de metales solubles y disponibles mientras que los no oxidados presentan valores de pH entre 6.5-8.0, conductancias bajas (<700 mS/cm) y bajas concentraciones de metales solubles y disponibles. Los suelos de cultivo alrededor de los jales están fuertemente afectados y presentan altas concentraciones de metales totales. Los lixiviados generados por algunos depósitos de jales son del tipo sulfatado-cálcico y se caracterizan por presentar valores de pH neutros a ligeramente alcalinos (6.5-8.0), valores de Eh variables (-100 a +300), altas conductancias (>500) y de moderadas a altas concentraciones de SO₄²⁻, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y, en algunos casos As. Los jales menos oxidados presentan Algunos depósitos de jales se caracterizan por El grado de oxidación observado junto con la amplia presencia de fases secundarias y terciarias sugiere que la generación de AMD acompañada de procesos de disolución, neutralización y reprecipitación ocurren en todos los jales y que estos procesos deben ser considerados como los principales procesos que controlan la movilidad y disponibilidad de los metales en los jales de Taxco.

METALES Y METALOIDES TÓXICOS

GGA-11

EL SELENIO EN RECONTAMINACIÓN O REMEDIACIÓN DE Hg

José Gumaro Ortiz-Valdez y Jesús Nájera-Garza
CEBETis # 23, EIMMG, UAZ, Zacatecas, Zac.
E-mail: minero_76@yahoo.com.mx

Desde hace más de 25 años se han explotado, por diversas empresas mineras los suelos agrícolas (eufemísticamente llamados "jales" o residuos de la explotación minera); con el fin de extraerles el mercurio (azogue), la plata y oro que los métodos de amalgamación, que utilizaron Hg y NaCl, en las

haciendas de beneficio coloniales españolas no lograron obtener. Actualmente, estas actividades de reexplotación de los suelos agrícolas ("jales"), se realizan a cielo abierto, volviendo a exponer a la radiación solar los metales pesados y otras sustancias tóxicas; todas en pequeñísimas partículas que con los efectos de los fuertes vientos regionales y precipitaciones pluviales, junto con las temperaturas mayores de 20°C, durante la primavera y el verano, esparcen en la atmósfera de la región poblada aledaña y en la propia área conurbada de las ciudades de Zacatecas y Guadalupe, gran cantidad de sustancias contaminantes, en forma de nanopartículas, aerosoles y "lluvia ácida"; las cuales a la fecha NO han sido EVALUADAS por las instituciones oficiales responsables de efectuarlo, para emprender las campañas de remediación y programas de evaluación de la salud, ya endémica, en los habitantes de esta región, y muy probablemente de TODOS los "Reales de Minas" del Virreinato español, durante más de 300 años. Los principales metales pesados y otras sustancias tóxicas presentes, derivados de los yacimientos minerales naturales, y ahora re-expuestos por la explotación de los suelos agrícolas ("jales") son: Hg, Pb, As, Cd, Se y disulfuros de varios minerales de plata y otros elementos químicos, que con las lluvias dan origen a la denominada "lluvia ácida" que deteriora las fachadas de los edificios coloniales PATRIMONIO CULTURAL DE LA HUMANIDAD, la que erróneamente se ha atribuido a la "acidificación" de los excrementos de las palomas que anidan en dichos edificios.

Análisis de "Suelo" de las plantas procesadoras de "Jales".
Municipio de Guadalupe, Estado de Zacatecas.

(Según: J. Ramírez O., 1998, Tesis de Maestría, FCQ-UAZ).

PROMEDIOS Hg 200 ppm Pb 1,000 ppm As 100 ppm Cd 10 ppm I ppm Hg=1 gr/ ton de tierra (jales)

NORMA 0.1 mg/m³ en la atmósfera

NORMA en el AGUA 0.001 ppm 0.05 ppm 0.05-0.02 ppm 0.01 ppm

EXCESO de la NORMA en AGUA 200,000 VECES 20,000 VECES 2,000 VECES 1,000 VECES

· ANÁLISIS DEL AGUA EXCEDENTE DE LAS PLANTAS:

Hg⁰ (elemental, MUY VOLÁTIL @ 200 C) 2 mg/litro ± = 2 ppm >>>> EXCEDE 2,000 VECES LA NORMA OFICIAL.

CLORURO MERCUROSO (Hg₂Cl₂): POCO SOLUBLE EN AGUA : 2 mg/litro, ± = 2 ppm

CLORURO MERCÚRICO (HgCl₂): MUY SOLUBLE EN AGUA : 69 mg/litro, ± = 69 ppm.

PROBABLE SOLUCIÓN

Para confinar (haciendo al Hg INSOLUBLE), se puede agregar AZUFRE (S) como Sulfuro de Sodio (Na), el cual es barato \$. LO MISMO SUCEDE CON LOS OTROS METALES PESADOS, es decir, se combinan con el S y se vuelven insolubles en el agua.

EL SELENIO Y LA SALUD

En el Distrito Minero de Zacatecas dentro de los yacimientos minerales, está presente un peculiar mineral denominado Aguilarita (No Aguilerita), que es un sulfo-seleniuro de plata; es decir, contiene azufre (S), plata (Ag) y Selenio (Se). Este último es un particular elemento químico que es un oligoelemento o escaso, pero esencial para la salud humana, que se encuentra en la mayoría de los alimentos, sin embargo, su mayor abundancia se presenta en las nueces de Brasil, en la carne de pescado y en las menudencias u órganos vitales de los animales; como por ej.: el hígado y las patas de puerco, etc. La concentración del selenio en las plantas, depende de la disponibilidad de este elemento en los suelos, en los que aquéllas se desarrollan; y la cantidad de selenio en la carne del ganado, depende de la concentración en sus pasturas. Por lo que la alimentación humana, podría beneficiarse de la presencia de las partículas del mineral Aguilarita en los suelos (Jales) del Mpio. de Guadalupe, Zac., siempre y cuando éstas sean transformadas en compuestos químicos orgánicos en los alimentos, principalmente como amino-ácidos como selenometionina y selenocisteína.

Casi el 80% del selenio se absorbe, pero esto depende de varios factores, como la presencia, a niveles tóxicos de mercurio (Hg) y arsénico (As). Este fenómeno, aparentemente negativo para la salud humana, quizá sea benévolo para muchas personas que han habitado esta región durante largos lapsos; pues muy bien podría ser una razón o causa que explique por qué el aire y suelos contaminados no afecten a muchos individuos de la población.

El selenio en la selenocisteína se incorpora en varias enzimas (selenoproteínas) en el cuerpo humano, las que son indispensables para la salud. La mejor conocida de éstas es la glutadion-peroxidasa, que protege las membranas de las células de los radicales libres. Actualmente hay suficiente evidencia de que el selenio hace más eficiente al sistema inmunológico, y que ayuda al metabolismo de las hormonas de la glándula tiroides; además, este elemento traza o escaso ilíse requiere para una reproducción efectiva.

El requerimiento nutricional eficiente de selenio es de 75 y 60 mg/día para los adultos, hombres y mujeres, respectivamente.

GGA-12

REMOCIÓN DE MERCURIO EN SOLUCIÓN POR DIFERENTES ESPECIES DE ASPERGILLUS

Ismael Acosta Rodríguez, Xóchitl Rodríguez Rodríguez y
Conrado Gutiérrez Gutiérrez
CIEP, Facultad de Ciencias Químicas. UASLP
E-mail: lacosta@uaslp.mx
Centro Interactivo de Enseñanza, San Luis Potosí, S.L.P.

Los compuestos de mercurio son tóxicos a los organismos vivos, acumulándose en los riñones y en el cerebro, ocasionando daños al sistema nervioso. Debido a que se va acumulando en el organismo, los altos niveles de exposición a este compuesto ocasionan severos problemas a la salud. La principal fuente de contaminación al ambiente por el mercurio ocurre cuando éste es descargado al agua o suelo por las industrias, y puede ser convertido por las bacterias presentes en el medio en un compuesto orgánico más tóxico, el cual es absorbido rápidamente por diversos organismos acuáticos y a lo largo de la cadena alimentaria, y va pasando de un organismo a otro.

El objetivo de este trabajo fue analizar la capacidad de remoción de mercurio en solución por 5 especies de *Aspergillus* (3A. *flavus* y 2 A. *fumigatus*), aislados a partir de desechos mineros de una mina de Zimapán, Hgo. y resistentes a diferentes metales pesados. La biomasa celular se obtuvo sembrando 1 000 000 esporas/200 mL de caldo tioglicolato, incubando 4 días a 28°C, en un baño con agitación constante. la biomasa obtenida es separada del medio por filtración, después se lava con agua tridesionizada estéril, se seca 1 h a 80°C, y finalmente se muele y se guarda en un frasco ámbar en refrigeración hasta su uso. Para el análisis, se prepara una serie de soluciones de mercurio de concentración conocida, se ajusta el pH con ácido nítrico y la cantidad de biomasa añadida a cada matraz es de 80 mg/200 mL de solución de mercurio. Se toman muestras a determinados tiempos, la biomasa es removida por centrifugación (3000 rpm/5 min) y el sobrenadante es analizado para determinar la concentración del ión metálico por el método colorimétrico de la Ditzona.

De los 5 hongos analizados, se encontró que todos captan mercurio en diferentes proporciones, siendo el más eficiente el A. *flavus* III (45%), seguido de A. *fumigatus* I (36%), A. *flavus* IV (32%), A. *flavus* V (27%) y A. *fumigatus* II (17%), a las 24 h de incubación. Estas bioadsorciones son variables al pH y al tiempo de incubación. En conclusión, las biomasas estudiadas se pueden utilizar como fuentes alternas solas o en combinación con otras biomasas para tratar de eliminar el mercurio de nichos acuáticos contaminados.

CONTAMINACIÓN DE SUELOS

GGA-13

DISTRIBUCIÓN DE METALES PESADOS (CD, CU, FE, MN CR, ZN, NI Y PB) EN SUELOS ALEDAÑOS A LA PRESA JOSÉ ANTONIO ÁLZATE, ESTADO DE MÉXICOP. del Aguila J.¹, J. Lugo de la F.¹, R. Vaca P.¹ y G. Hernández S.²¹ Lab. de Edafología y Ambiente, Facultad de Ciencias, UAEMex
E-mail: daguila@coatepec.uaemex.mx² Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro

En las últimas décadas, los suelos, han experimentado un incremento en la concentración de metales pesados, debido a un empleo inadecuado de fertilizantes y pesticidas, agua de riego de mala calidad o bien, por deposiciones atmosféricas de contaminantes de origen industrial. Algunos metales pesados son esenciales para la vida, ya que pueden actuar como catalizadores de sistemas enzimáticos celulares; estos aparecen bajo determinados rangos de concentración, que si es rebasado, originan perturbaciones; dentro de este grupo están el Zn, Cu, Ni, etc. El Cd, Pb, Hg, entre otros, son considerados elementos potencialmente tóxicos ya que presentan la capacidad de reemplazar bioelementos ocasionando graves efectos en el metabolismo de los organismos. Los principales factores que influyen en la solubilidad de los metales son; el pH, la materia orgánica soluble y las condiciones redox. Como resultado de la alteración de los materiales originarios, los metales se pueden encontrar en formas móviles, por lo que su contenido está directamente relacionado con la composición de la roca madre. Así, el objetivo del presente estudio fue evaluar la distribución horizontal de metales pesados en suelos cercanos a la presa José Antonio Álzate (los cuales son regados con aguas del río Lerma), así como su relación con factores químicos y físicos para conocer la importancia de estos con los metales pesados y su impacto al ambiente. Se determinaron los parámetros: textura, pH, porcentaje de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y cationes intercambiables y los metales pesados totales (Ni, Zn, Cd, Fe, Cu, Cr, Pb y Mn). Asimismo, se calcularon los factores de enriquecimiento de cada metal E_{FC}. Se realizó un muestreo preferencial en 40 sitios, tomando el horizonte Ap. Los resultados mostraron el siguiente orden de cationes intercambiables: K<Na<Ca<Mg. Con relación al contenido de los metales totales, ninguno rebasó los valores permisibles. Respecto a los factores de enriquecimiento E_{FC}, para Cd, Cu y Pb se determinó que los suelos se encuentran moderadamente enriquecidos de manera que se sugiere una aportación antropogénica como otra fuente, sumada a la geológica del sitio. Es por ello que debido al uso agrícola del suelo, debe ponerse atención a los metales Cd, Cu y Pb que se están adicionando en esa región.

GGA-14

VELOCIDAD DE LOS PROCESOS DE AMORTIGUAMIENTO RÁPIDO EN SUELOS CAOLINÍCOS POR EFECTO DE DEPOSITACIÓN ÁCIDA

Lucy Mora Palomino y Christina Siebe G.

Instituto de Geología, UNAM

E-mail: lmora@geol-sun.igeolcu.unam.mx

La depositación ácida es uno de los factores de degradación de suelo que favorece la pérdida de cationes importantes para la nutrición de las plantas como calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K). El proceso por el cual se liberan éstos cationes del suelo está asociado a reacciones de intercambio iónico, que ocurre en unos cuantos minutos o algunos días. En algunos suelos llega a ser el proceso más importante para el amortiguamiento ácido. Su intensidad esta relacionado principalmente con las características minerales y la concentración de protones en solución.

En suelos muy intemperizados el intercambio iónico puede tener poca intensidad, porque la fase mineralógica, principalmente arcillas caolinitas, poseen baja capacidad de intercambio catiónico (CEC). Por lo tanto su inherente baja CEC los hace más vulnerable a la acidificación.

Muchos estudios sobre cinética de intercambio iónico determinan la velocidad de la desorción de los cationes para planificar la fertilización de los suelos, y en la mayoría de ellos se ha realizado en arcillas puras, como zeolitas y vermiculitas (Boyd *et al.*, 1947; Jardine and Sparks, 1984). En sistemas heterogéneos se ha realizado pocos trabajos sobre la cinética del intercambio iónico para estimar la velocidad como parámetro de amortiguamiento.

En este trabajo se determina la velocidad de las reacciones de amortiguamiento rápido por Ca, Mg y K en suelos con mineralogía predominantemente caolínica en condiciones de acidificación.

La cinética de amortiguamiento se llevó a cabo mediante experimentos "batch" en muestras de los horizontes Ah y Bt de cuatro perfiles localizados en el sur de Tabasco. En condiciones de pH 7.3 y fuerza iónica y temperatura constantes. Los tiempos de la cinética fueron 0.5 h, 1h, 2h, 4h, 6h, 12h, 24h, 36h, 48h, 72h, 96h y 190h. El Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ se determinó mediante espectrofotometría de adsorción atómica.

Las ecuaciones que mejor describen el comportamiento de los datos experimentales son de tipo exponencial ($C = C_0 + \exp(-Kt)$). Estas ecuaciones muestran que la velocidad de desorción del potasio y el magnesio es más alta que en el calcio. Sparks, 1986 y Sparks and Jardine, 1984, mencionan que esto ocurre porque se trata del intercambio entre dos cationes monovalentes. Mientras que para el intercambio de un catión bivalente por uno monovalente, la reacción implica otro paso en el proceso y es más lenta.

Se concluye que el amortiguamiento del potasio y magnesio es más rápido (<10 horas), que el calcio (<25 horas). Asimismo los perfiles que tienen más reserva de cationes intercambiables poseen mayor capacidad de amortiguamiento.

APLICACIONES A PROBLEMAS AMBIENTALES

GGA-15

ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUBSUELO POR PRODUCTOS PETROLEROS EN AEROPUERTOS DE MÉXICO CON EL MÉTODO SEV.

Vladimir Shevnin¹, Omar Delgado-Rodríguez¹, Aleksandr Mousatov¹, Edgar Nakamura-Labastida¹, Abraham Mejía-Aguilar¹, José Luis Sánchez-Osio² y Héctor Sánchez-Osio²

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: vshevnin@imp.mx

² Ecoexel

Casos muy frecuentes de contaminación del subsuelo son los relacionados con los productos petroleros. Existen dos tipos diferentes de eventos de contaminación-cortos en tiempo (accidentes) y prolongados (derrames desconocidos durante mucho tiempo). Los de primer tipo comúnmente están registrados y el área de contaminación es sometida a un proceso de remediación. Los de segundos tipos pueden estar sin control mucho tiempo y el volumen de subsuelo contaminado puede ser mayor que los primeros. Después algunos meses, la contaminación por productos petroleros genera anomalías de baja resistividad como resultado de los procesos de biodegradación. Para estimar estas zonas es útil aplicar el método de resistividad. Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) son aplicados para tener la ubicación en superficie y en profundidad del medio contaminado. Para lograr una caracterización precisa es necesario conocer las propiedades de las rocas en medios contaminados y no contaminados. Una simulación petrofísica, basada en la resistividad de agua subterránea, es muy útil para estimar los valores de resistividad de las rocas, tanto contaminadas como no contaminadas, determinando así las fronteras eléctricas entre ambos medios. En reporte se presentan ejemplos de aplicación de método SEV para el estudio de la contaminación del subsuelo en zonas de aeropuertos.

GGA-16

APLICACIÓN DEL MÉTODO SEV EN EL ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DE UN CEMENTERIO EN EL MUNICIPIO DE GUSAVE SINALOA, MÉXICO

María A. Ladrón de Guevara Torres¹ y Omar Delgado Rodríguez²

¹ Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Integral Regional de Sinaloa, IPN

E-mail: maladron@ipn.mx

² Instituto Mexicano del Petróleo, México, D.F.

Los cementerios pueden convertirse en fuentes considerables de contaminación de los acuíferos. Contaminantes químicos y bacteriológicos puede afectar el agua subterránea y, durante su explotación y uso, la salud humana.

Varios Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) fueron realizados en una pequeña zona suburbana destinada para cementerio con el objetivo de definir la estratigrafía del área y poder evaluar el riesgo de impacto ambiental para el acuífero principal.

Se determinó la velocidad de infiltración a la profundidad en que son realizadas las sepulturas encontrándose velocidades moderadamente altas, como resultado de una alta permeabilidad en la parte superficial del corte. A partir de la información de los SEV's, se modeló la existencia de un primer acuífero salino confinado a partir de los primeros 2 metros de profundidad, el cual puede ser afectado por el funcionamiento del cementerio que incluye la destrucción del acuitardo.

Información de pozos ubicados en diferentes sitios del municipio ubican el acuífero principal a una profundidad aproximada de 22 m. Los resultados geoelectrónicos obtenidos en el área del cementerio, en correspondencia con la información de perforaciones en el área, indican la existencia de una capa de arcilla por debajo del acuífero superficial, lo que disminuye considerablemente el riesgo de contaminación del acuífero principal en el área de estudio.

GGA-17

DETECCIÓN DE ZONAS DE ASENTAMIENTO EN UNA PLANTA INDUSTRIAL POR MEDIO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA

Daniel Saucedo Quiñones y Angel Parra Barrera

Comisión Federal de Electricidad

E-mail: daniel.saucedo@cfe.com.mx

La presencia de asentamientos del subsuelo en los alrededores de una planta industrial en México fue motivo de un estudio geofísico dentro del predio que ocupa dicha planta para localizar la presencia de posibles cavidades y zonas de debilidad en el subsuelo areno-arcilloso, susceptibles de provocar mayores asentamientos y por lo tanto daños a las instalaciones subterráneas de la planta. El área de estudio se

cubrió con 7 perfiles de tomografía eléctrica utilizando el arreglo dipolo-dipolo así como sondeos eléctricos verticales. Debido al ruido eléctrico producido por las tuberías de acero, drenajes y líneas de alta tensión la mayoría de los sondeos eléctricos verticales programados tuvieron que ser descartados y solo algunos pudieron llevarse a cabo. Sin embargo, las mediciones geoelectricas con el arreglo dipolo-dipolo por medio de un dispositivo multielectrónico que promedia las mediciones, permitió un filtrado efectivo del ruido y la obtención de imágenes tomográficas. La interpretación de las condiciones geotécnicas del sitio a través de la integración de las tomografías y la geología del subsuelo del área permitió confirmar que en la zona de estudio no existen cavidades con diámetro mayor a 4 m. Sin embargo fueron descubiertos cuatro alineamientos semiparalelos que fueron asociados con una falla regional. Es probable que se estén desarrollando cavidades a lo largo de estos alineamientos debido al flujo de agua en el subsuelo o bien es factible que se produzcan asentamientos diferenciales debido a las diferencias en la composición de los materiales que conforman el subsuelo como se observa superficialmente en algunas zonas del interior de la planta.

GGA-18

ANÁLISIS ESPACIAL DE LA GEOMETRÍA DE LA FALLA CENTRAL EN LA CIUDAD DE QUERÉTARO UTILIZANDO EL RADAR DE PENETRACIÓN TERRESTRE

Dora Carreón-Freyre, Mariano Cerca y Martín Hernández-Marín
Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro
E-mail: freyre@servidor.unam.mx

La falla que afecta a la parte central del Valle de Querétaro (Falla Central, FC) tiene una orientación general N25E y en el tramo norte intercepta a una de las vías más importantes de la ciudad, la Avenida 5 de Febrero, que es una prolongación de la Carretera México-Querétaro. Esta falla presenta desplazamientos verticales de diferente magnitud (desde algunos centímetros hasta más de un metro) y en algunos segmentos varía ligeramente su orientación con respecto a la vía mencionada sin seguir una línea recta. Hacia la parte sur de la ciudad, la avenida mencionada cambia radicalmente de dirección y la falla continua hacia el SW, atravesando zonas residenciales de menor tránsito y bifurcándose en algunas secciones, en estas zonas los desplazamientos verticales también varían de manera notoria. Con el fin de identificar los factores que determinan los cambios de dirección, bifurcación y desplazamiento vertical se llevaron a cabo varios levantamientos con el Radar de Penetración Terrestre (RPT) Zond 12c utilizando diferentes frecuencias de prospección: 2000, 900, 300 y 100 MHz. Los perfiles RPT fueron levantados en direcciones paralela y perpendicular a la traza principal de la falla a lo largo de la misma desde el norte a la altura de la intersección con la Av. Bernardo Quintana, hasta el sur hacia la carretera libre a Celaya. El análisis de los perfiles RPT apoyado con registros de pozos permitió identificar la estratigrafía somera a lo largo de toda la falla (hasta aproximadamente 10 m de profundidad) y las variaciones en la deformación de los

estratos superficiales que se puede explicar con diferencias de compresibilidad, diferencias de espesor y variaciones en la sollicitación a su capacidad de carga (como en las zonas de tráfico más intenso). El análisis también permitió evaluar la influencia de las cubiertas continuas de asfalto u otro tipo de relleno en la propagación del fracturamiento y la detección de zonas de fracturamiento que aún no presentan una manifestación superficial. La relación de la propagación de la energía electromagnética con el contenido de agua y/o la presencia de vacíos en el subsuelo, lo hacen una excelente herramienta para el monitoreo de zonas de debilidad y la correlación estratigráfica de materiales sedimentarios.

GGA-19

INTERPRETACION GEOLOGICA DEL VALLE DE SAN JUAN DEL RIO-CHICHIMEQUILLAS, ESTADO DE QUERETARO, Y SU IMPORTANCIA EN EL DESARROLLO DE LA REGION

Juventino Martínez-Reyes, Luis Miguel Mitre-Salazar, Jorge Arturo Arzate-Flores y Yutxis Vsevolod
Centro de Geociencias, UNAM
E-mail: jmr@geociencias.unam.mx

Con una altitud entre 1850 y 1900 m.s.n.m., el valle de San Juan del Río-Chichimequillas (V SJR-CH) corresponde a una planicie orientada NW-SE de unos 60 km de largo por unos 20 km de anchura máxima, ubicada al E-NE de la ciudad de Santiago de Querétaro; sobre esta región se ha enfocado el futuro desarrollo de la entidad queretana.

El V SJR-CH se reparte entre las cuencas hidrológicas de los ríos San Juan al SE y Querétaro al NW, las que geológicamente se localizan en la confluencia de las manifestaciones más septentrionales de la Faja Volcánica Transmexicana, la terminación más oriental de la Sierra Madre Occidental y los afloramientos más meridionales de la Sierra Madre Oriental.

En su entorno regional el V SJR-CH es dominado topográficamente por importantes apilamientos de rocas, las que pueden agruparse en 5 conjuntos litoestratigráficos que pertenecen a los periodos Jurásico-Cretácico y a las épocas Oligoceno, Mioceno, Plioceno y Pleistoceno-Holoceno; el primero de ellos representa el basamento regional.

El V SJR-CH pertenece a una región tectónicamente activa, en donde se interceptan casi ortogonalmente dos sistemas de fallamiento regional: el Tula-Chapala de orientación casi E-W y el Taxco-San Miguel Allende de orientación casi N-S; grandes estructuras volcánicas la circundan: el volcán El Zamorano al N, la caldera de Huichapan al E y la caldera de Amealco al S. La pequeña caldera de Amazcala y pequeñas colinas en su parte central, interrumpen la monótona planicie de este valle.

Los bordes que limitan topográficamente la planicie del V SJR-CH son muy irregulares, lo que impide interpretarlo a priori como una estructura tectónica reciente (graben); la

configuración gravimétrica de la región muestra únicamente la presencia de rocas de baja densidad en el subsuelo alineadas en el sentido del valle, sin límites que pudieran interpretarse como fallamiento reciente.

De lo anterior concluimos que el V SJR-CH no corresponde a un graben reciente, y esta interpretación es importante en la problemática que debe enfrentar el desarrollo de la región.

La información geológica recabada hasta el momento como se menciona permite pensar en que la evolución de los "valles" de Chichimequillas y de San Juan del Río es compleja y aparentemente su origen no es de carácter tectónico, como es el caso de algunos "valles" cercanos ("valle" de Querétaro).

Las posibles aplicaciones que este estudio tienen además de contribuir al conocimiento geológico de la región son diversas, sobre todo en el ámbito del aprovechamiento de los recursos naturales, principalmente del agua y del suelo.

En efecto, el desarrollo de esta región está íntimamente ligada a la presencia de agua, especialmente al agua subterránea. La interpretación simplista que se le da al subsuelo de los valles, con acuíferos regulares tanto vertical como horizontalmente, limitados únicamente por fallas que configuran un graben, tradicionalmente han dado como resultado modelaciones poco confiables y evaluaciones erróneas de este vital recurso.

Se debe tener en cuenta la ubicación de esta región como una de las más dinámicas en el Estado de Querétaro y del Centro de México. El impulso y por ende el crecimiento acelerado que ha mostrado la zona desde el punto de vista industrial, requiere del conocimiento de la capacidad de carga que pueda tener la región para soportar la demanda de recursos, así como los constantes e importantes cambios en el uso del suelo, aspectos de gran importancia para soportar las metas de los programas de desarrollo propuestos.

El poder contar con un marco geológico confiable será un instrumento de gran valor para que los encargados de la planeación puedan con bases más firmes diseñar el desarrollo buscando por una parte no sobrepasar los límites de carga que el medio ofrece y que las modificaciones que se hagan en el medio natural sean lo más armónicas posibles con las funciones de los ecosistemas y se ubiquen dentro del marco del desarrollo sustentable.

GGA-20

ESTUDIOS DINÁMICOS EN EL GLACIAR DE LA PANZA DEL VOLCÁN IZTACCÍHUATL

M. Luna Alonso^{1,2}, H. Delgado Granados², A. Díaz Vera³, E. Cabral Cano², F. Correa Mora² y L. Cárdenas González⁴

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

E-mail: geomark29@hotmail.com

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ INEGI

⁴ CENAPRED, SEGOB

Los glaciares son excelentes indicadores de variaciones y cambios climáticos debido a su rápida respuesta a ellos. La mayor parte de la información glaciológica presente en la literatura es concerniente a los glaciares de altas latitudes. Sin embargo, pocos son aún los trabajos desarrollados en glaciares ecuatoriales e intertropicales. Entre estos últimos se encuentran los glaciares mexicanos, cuya ubicación alrededor de los 19° de latitud N, los hace únicos y de especial relevancia para el conocimiento de los cambios climáticos en estas latitudes.

Este trabajo es parte de una serie de estudios que tratan de caracterizar el comportamiento de los glaciares de México. El presente estudio muestra resultados de campañas de medición en el glaciar La Panza del volcán Iztaccíhuatl que permiten reconocer su dinámica. Para ello, se instaló una red de testigos (estacas) sobre la superficie del glaciar mediante perforaciones llevadas a cabo con un sistema de perforación a vapor construido en el Instituto de Geofísica.

Las estacas fueron instaladas a 6 m de profundidad, dejando 3 m fuera de la superficie perforada y equipadas con prismas geodésicos. Cinco estacas fueron colocadas el 4 de mayo de 1998 y sus posiciones determinadas con un distanciómetro (EDM, por sus siglas en inglés) desde 2 estaciones sobre afloramientos de roca en los costados del glaciar. A su vez, la localización de estas estaciones fue determinada utilizando receptores GPS y posicionamiento estático rápido. El 29 de noviembre del mismo año. Se localizaron de nuevo las estacas y las estaciones utilizando los mismos elementos de medición geodésica.

Los resultados indican poco o nulo movimiento horizontal para la mayoría de las estacas, excepto una de ellas colocada en la zona de mayor pendiente. No obstante, los movimientos verticales en algunas estacas son significativos y rebasan el error de medición. Esto sugiere, posiblemente, que los procesos de ablación son más importantes que los de acumulación y provocan grandes pérdidas en la masa glacial.

GGA-21

IMPACTO DEL USO RECREATIVO EN LAS PLAYAS ARENOSAS DE LA BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Paula Angeloni del Castillo
CICIMAR, IPN, La Paz, B.C.S., México
E-mail: p_angeloni@yahoo.com

La zona intermareal es un nexo crítico entre el sistema terrestre y el marino. Las playas arenosas cubren la mayor parte de la zona intermareal en el mundo y contienen diversos organismos bentónicos que reciclan nutrientes y son presa de gran número de aves y peces de la región costera. Las comunidades que habitan esta zona están fuertemente influenciadas por factores físicos como es la exposición al oleaje y a su vez están experimentando una presión antropogénica muy grande; sin embargo éstas han sido objeto de escasos estudios ecológicos que incorporan estas dos variables. Las actividades humanas muchas veces constituyen una perturbación en los ambientes naturales, por lo que evaluar los impactos que éstas producen es crucial para un manejo apropiado de las zonas costeras. Con este fin, el bentos de fondos blandos está siendo muy utilizado como indicador de perturbaciones ambientales tales como la polución. El presente trabajo pretende estudiar la comunidad macrobentónica de las playas arenosas del Sureste de la Bahía de La Paz y comparar los principales atributos de la estructura de esta comunidad con respecto al nivel de uso recreativo que presenten. Los resultados preliminares sugieren que existe una gran diversidad de organismos en el área y una clara evidencia de la influencia del nivel de uso, así como del tamaño de grano del sedimento en la estructura de la comunidad (riqueza y abundancia). El tamaño de grano del sedimento parece influir primariamente en la composición y abundancia de los organismos (a mayor tamaño de grano menor abundancia y diversidad); sin embargo, en general, las playas más visitadas por la población tienen menor riqueza y abundancia de organismos. Los resultados obtenidos (temporada invernal con baja incidencia turística) serán complementados con observaciones hacia el final de esta temporada de verano.

CARTELES

GGA-22 CARTEL

As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb Y Zn EN SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA SUBCUENCA DEL RIO TURBIO, EDO. DE GUANAJUATO, MEXICO

G. Hernández-Silva¹, G. Solorio-Munguía¹, J. Lugo-de la Fuente², P. del Aguila-Juárez², S. Solís-Valdez¹ e I. Mercado-Sotelo²

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.
E-mail: ghsilva@geociencias.unam.mx

² Facultad de Ciencias, Biología, UAEM

La industrialización del corredor León-San Francisco del Rincón ha originado un incremento significativo de descargas de aguas residuales y municipales hacia los suelos, sistemas de riego así como hacia el sistema hidrográfico de la Subcuenca del Río Turbio (SRT). Los objetivos del trabajo fueron: establecer la presencia y distribución de As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn en suelos y sedimentos de la SRT y determinar una posible aportación de contaminantes a través de los sedimentos del fondo del Turbio hacia el Lerma. La localización de los sitios de muestreo se hizo con base en las características geológicas, geoforma, drenaje, pendiente, unidades y uso del suelo, así como obras de ingeniería; se colectaron muestras en un total de 253 sitios georeferenciados. Los suelos se colectaron a una profundidad de 0-25 cm; los sedimentos fueron tomados en los lechos y a lo largo de río, arroyos y canales, planos de inundación y terrazas aluviales y presas. Se digirieron en un horno de microondas utilizando para ello, agua regia. Las concentraciones fueron determinadas en espectrometría de absorción atómica por flama; el As por generación de hidruros. Para visualizar la dispersión de los elementos en la SRT, se utilizó el SIG-ILWIS que incluye el método kriging de interpolación. El As se encuentra principalmente en las zonas de mineralización y en los sedimentos derivados de granito; en la confluencia de los ríos Turbio y Lerma existe una área pequeña con contenidos medios de As que sugiere una escasa aportación hacia el Lerma. El Cd queda catalogado por arriba de los rangos mundiales normales en especial, en la zona norte de la SRT, donde existen minas de Au, Ag, Cu, Pb y Zn, asociadas a ignimbritas, basalto y granito. Las concentraciones más significativas de Cr se ubican desde el sur de León hasta la confluencia de los ríos León y Santiago; por otro lado, parece que hay transporte de Cr a través de los sedimentos del fondo del río Turbio, aunque esta dispersión es errática y fluctuante sin tener aparentemente, una aportación hacia el Lerma. Las cantidades mayores de Ni en suelos y sedimentos se localizan al sur de la sierra Cuatralba, por encima de los niveles normales. Sólo existe una área de dispersión significativa de Pb que se localiza en las cercanías de la mina Todos Santos. En cuanto al Zn, se ubican algunas áreas restringidas y dispersas a lo largo de la SRT por arriba de los rangos internacionales.

GGA-23 CARTEL

DISPERSION DE As, Cu, Cr, Ni, Pb Y Zn EN SUELOS Y SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA SUBCUENCA DEL RIO GUANAJUATO, MEXICO

G. Solorio-Munguía¹, G. Hernández-Silva¹, S. Solís-Valdez¹, J. Lugo-de la Fuente², P. del Aguila-Juárez² e I. Mercado-Sotelo¹

¹ Centro de Geociencias, UNAM Campus Juriquilla, Qro.

E-mail: ghsilva@geociencias.unam.mx

² Facultad de Ciencias, Biología, UAEM

Dentro de la Subcuenca del Río Guanajuato (SRG) la actividad minera en la sierra, sobresale por su importancia a nivel mundial. Esta actividad económica ha causado problemas en el entorno ambiental de la subcuenca; por lo tanto, los objetivos del trabajo fueron establecer la dispersión y acumulación de As, Cu, Cr, Ni, Pb y Zn en suelos y sedimentos superficiales de las SRG; clasificar las áreas con diferentes concentraciones y determinar el posible transporte de elementos a través de los sedimentos del fondo del río Guanajuato con posibles aportaciones al río Lerma. El diseño del muestreo de campo se hizo con base en la geología, geoforma, sistema de drenaje, pendiente, unidad y uso del suelo así como obras de ingeniería, obteniéndose muestras de 156 sitios georeferenciados. Las muestras fueron analizadas por espectrometría de absorción atómica de flama; sólo el As fue analizado con generador de hidruros. Para interpretar la dispersión de los elementos, se elaboraron sus respectivos mapas, utilizando para ello, el SIG-ILWIS que cuenta con el método krogging de interpolación. También se llevaron a cabo diferentes análisis estadísticos para ver la relación que existe entre el contenido de los elementos y algunas características físicas y químicas de los suelos y sedimentos. La mayor contribución y dispersión de los elementos de estudio en la SRG proviene de la influencia y proximidad de minas y áreas de mineralización de la parte correspondiente a la sierra de Guanajuato. El As se concentra principalmente en los sedimentos y suelos de la sierra por arriba del rango mundial; otra área de cierta importancia la constituye el norte de Irapuato y la desembocadura con el río Lerma; se sugiere un transporte moderado de As hacia el Lerma a través de los sedimentos del fondo del río Guanajuato. El Cu presenta algunas áreas por encima del rango mundial asociadas a actividades mineras e industriales, con un posible movimiento lento a lo largo de los sedimentos del fondo del río Guanajuato, sin representar algún impacto en el Lerma. El Cr se relaciona con actividades mineras, con probable movilidad media hacia el río Lerma. El Ni tiene una dispersión muy restringida con niveles superiores a los rangos mundiales. El Pb se encuentra por arriba de los promedios mundiales en algunas áreas de la SRG; se asocia principalmente a los jales de las minas. El Zn se relaciona con actividades mineras con probable aportación media hacia el río Lerma.

GGA-24 CARTEL

ADSORCIÓN DE PLOMO POR CULTIVOS VEGETALES IN VITRO TOLERANTES A LA SEQUÍA

M. Bocanegra Salazar, M.C. Alfaro de la Torre, R.F. García de la Cruz

CIEP, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P., México

E-mail: rgarcia@uaslp.mx

La contaminación de suelos por plomo es un problema importante a nivel mundial dado su impacto negativo en la salud y en la agricultura. En la remediación de estos suelos contaminados se emplean tratamientos químicos, físicos y biológicos, los cuales tienen la limitación de ser muy costosos. Algunas especies vegetales poseen la capacidad de crecer en suelos altamente contaminados debido a que han desarrollado mecanismos que les permiten tolerar/regular estos contaminantes. También existen reportes que indican que plantas expuestas a déficit hídrico incrementan su capacidad de acumular metales pesados. Se sabe que plantas nativas comunes del semidesierto mexicano como la *Larrea tridentata* o "gobernadora" son capaces de acumular Pb y Cu en raíces, tallos y hojas y podrían utilizarse como fitoremediadores. Esta planta se encuentra ampliamente distribuida en el Altiplano Potosino. En este trabajo se estudió su capacidad de adsorción de Pb utilizando cultivos vegetales in vitro y se comparó con la presentada por cultivos de *Capsicum cardenasii* y *Capsicum annum*, los cuales fueron adaptados en el laboratorio a diferentes grados de tolerancia a la sequía, inducida ésta con polietilenglicol. Se utilizó tejido indiferenciado de estas especies vegetales, el cual se suspendió en NaNO₃ de concentración conocida conteniendo 0.1 mol/ L de Pb y se determinó la remoción del metal en función del tiempo. La concentración del metal en la solución se midió mediante Voltamperometría. Se estudió el efecto de la fuerza iónica (I), el pH y la relación sólido/solución sobre la adsorción de Pb por los cultivos vegetales. Los resultados mostraron que *L. tridentata* presentó una mayor capacidad de adsorción de plomo comparada con la de los cultivos de *C. cardenasii* y *C. Annum*. Las condiciones a las cuales se observó la máxima adsorción del metal (33 mg Pb/g de cultivo) fueron $I \geq 0.01$ M, $pH < 6$ y una proporción sólido-solución de 0.6 g/L. Es interesante hacer notar que se observó una correlación directa entre el grado de tolerancia al déficit de agua que presentan los cultivos vegetales in vitro y la capacidad de adsorción de plomo. El incremento en la adsorción del metal en los cultivos vegetales tolerantes a la sequía podría interpretarse como una modificación en la síntesis y arreglo de los componentes estructurales que desarrollan las células vegetales en respuesta al estrés de agua.

GGA-25 CARTEL

DETERMINACIÓN DE FÓSFORO ASOCIADO A ÓXIDOS DE HIERRO NATURALES EN SEDIMENTOS ACUÁTICOS. OPTIMIZACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS

R.Y. Pérez Rodríguez¹, M.C. Alfaro de la Torre¹ y M.A. Huerta Díaz²

¹ CIEP, Facultad de Ciencias Químicas, UASLP

E-mail: alfaro@uaslp.mx

² Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, México

El hierro que llega a los ecosistemas acuáticos se acumula en los sedimentos por difusión de la columna de agua o por sedimentación con las partículas. En el agua, Fe (II) disuelto formado en los ambientes reducidos, puede ser oxidado a Fe (III) cuando se encuentra en presencia de ambientes no reductores. De esta manera se forman precipitados finos de óxidos de Fe con diferentes grados de ordenamiento cristalino llamados colectivamente oxihidróxidos de Fe. Algunos elementos traza y nutrientes se adsorben y/o coprecipitan con éstos óxidos y de esta manera son transportados hacia los sedimentos. En las aguas continentales, el fósforo es un nutriente limitante para el desarrollo de la vida acuática. Se piensa que se adsorbe a los óxidos de Fe de reciente precipitación lo cual limitaría su disponibilidad para los organismos acuáticos y explicaría las muy bajas concentraciones de fósforo disuelto en los ecosistemas acuáticos naturales no perturbados. Se ha demostrado que existe una correlación positiva entre PT y FeT en los sedimentos pero se desconoce la fracción de estos óxidos (ferrihidrita, lepidocrocita y hematita) a la que se asocia el P y que pueda explicar las bajas concentraciones en el agua y su biodisponibilidad.

Se implementó la extracción de óxidos de Fe, de sedimentos naturales utilizando un sedimento certificado (MESS-2, NRCC, Canadá). Las muestras se trataron con soluciones de NH₂OH.HCl 0.04M en 25% (v/v) de CH₃COOH a 30°C y 75°C y con citrato-ditionito-bicarbonato (CDB) para extraer operacionalmente ferrihidrita, lepidocrocita y hematita. Después de cada etapa de extracción el sedimento se trató con agua o MgCl₂ 0.5M para eliminar el exceso de solución extractante y evitar la readsorción de P nuevamente al sedimento; los resultados indican que MgCl₂ es más adecuado para evitar la readsorción de P. Se determinaron P y Fe en los extractos y en las soluciones de lavado por Espectrofotometría de Emisión de Plasma (ICP). Los resultados sugieren que la fracción de ferrihidrita representa el 13% de los óxidos de Fe totales extraídos y la lepidocrocita el 26%. Se estimó la distribución de P en los óxidos de hierro y se observó que este se asocia principalmente a la fracción de ferrihidrita (62-80%) u óxidos de hierro amorfos. Este método de extracción se aplica actualmente para estudiar la asociación de P a los óxidos de Fe en sedimentos naturales obtenidos en ríos del sureste de México.

GGA-26 CARTEL

GEOPHYSICAL STUDIES FOR SUBSIDENCE AND SOIL FISSURING ASSESSMENT IN A SEDIMENTARY BASIN: THE CASE OF "EL VALLE DE AGUASCALIENTES"

Arzate Jorge¹, Yutis Vsevolod², Martínez Juventino¹, Arroyo Moisés³ and Pacheco Jesús¹

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

E-mail: arzatej@geociencias.unam.mx

² Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, N.L.

³ Posgrado en Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas, Querétaro, Qro.

Land subsidence and soil fissuring are phenomena connected to groundwater extraction in sedimentary basins. The rapid depletion of the aquifers induces ground compaction and differential settlements. The stress increment within the drained sediments triggers the consolidation phenomenon in the compressible soil layers. If the rock basement is irregular, not only vertical but also horizontal displacements are induced and therefore tension stresses appear on the soil mass. When the water level continue falling then ground fissuring occur at the location of tensile zones. The amount of sinking and the fissure geometry are closely related to the thickness and mechanical properties of the ground mass above aquifer system, which in fact may vary with time. In order to find out the location of present and future appearance of ground fissures it is necessary to know the structure of the basin bedrock. The more accurate the basement rock relief is known, the better models of ground subsidence can be achieved (e.g. Rojas *et al.*, 2002), and hence, the better decisions can be made to manage the aquifer system and avoid further infrastructure damage. In this work we present the results of a geophysical study aimed to model a graben structure and the influence it has on the generation of surface fissuring.

Sesión

Geología y Geofísica Petrolera

Lunes 4 — Martes 5

SALA C

GGP-01

METAS EXPLORATORIAS EN EL PLAN DE NEGOCIOS 2002-2010 DE PEP

Adán E. Oviedo Pérez

PEP, Coordinador Ejecutivo de Estrategias de Exploración, PEMEX
E-mail: adoviepr@sur.pep.pemex.com

El Plan de Negocios de PEMEX Exploración y Producción aspira a convertirnos en una empresa líder a nivel mundial y mantenernos como la mejor inversión de los mexicanos, mediante la definición de tres objetivos fundamentales y la implementación de 24 estrategias, agrupadas en 7 líneas de acción. Con una inversión, muy superior a las anteriormente realizadas, mantiene el compromiso de maximizar el valor de las reservas de hidrocarburos y compromete metas de incorporación de reservas de aceite y gas equivalentes al 75% de la producción para el año 2006 y del 100% para el 2010.

Para cumplir estos compromisos PEP se reorganiza, enfocándose a explorar las cuencas más prospectivas y los mejores proyectos de explotación, refuerza la aplicación de tecnología de alto impacto en el negocio, actualiza procesos y metodologías de trabajo, regionaliza y en casos estratégicos centraliza los suministros clave, depura su cartera de proveedores, documenta proyectos integrales multianuales, identifica los principales cuellos de botella que limitan nuestra capacidad de ejecución y nos esforzamos por elevar los estándares de Seguridad y Protección del Medio Ambiente.

La cartera de proyectos de PEP pone especial énfasis en el aumento de la actividad exploratoria para incrementar la incorporación de reservas y en la optimización de la explotación de campos maduros, en ambos casos el papel de los geocientíficos es fundamental porque se tiene la responsabilidad directa de conducir el proceso desde el inicio de la prospección hasta la caracterización inicial y delimitación de los nuevos descubrimientos, así como apoyar la optimización de la producción de los principales campos.

En este escenario, la estrategia de exploración se centra, fundamentalmente en:

- Ampliar el conocimiento geológico petrolero regional mediante la definición y evaluación de Plays para la detección de nuevas oportunidades exploratorias.
- Empezar agresivas campañas de adquisición sísmica 3D para reducir el riesgo de las nuevas localizaciones y soportar la reinterpretación de cuencas maduras con nuevos datos y tecnologías.
- Reducir el Tiempo de Ciclo desde el descubrimiento hasta la puesta en Producción.
- Ejecutar proyectos en Áreas Frontera, con visión de Ciclo Completo.

• Incorporar tecnologías de punta para emprender con éxito la exploración en aguas profundas y proyectos gasíferos como nuevas áreas de oportunidad.

• Reforzar el proceso de evaluación de volumetría y probabilidades de descubrimiento.

• Planear actividades con enfoque de Administración de Cartera.

• Implantar Análisis Post-Perforación para retroalimentar los procesos.

• Reforzar y adquirir nuevas habilidades de interpretación.

• Enfocarse a los mejores proyectos.

• Ampliar la Capacidad de Ejecución Actual.

GGP-02

NUEVAS PRÁCTICAS EN LA EXPLORACIÓN PETROLERA EN EL NORTE DE MÉXICO

César Cabrera Cuervo, J. Rogelio Román R. y Mario Aranda
García

Activo de Exploración Misantla-Golfo de México, PEMEX
E-mail: ccabrerac@nte.pep.pemex.com

La Exploración Petrolera requiere la optimización de sus actividades mediante el uso de nuevas tecnologías y la innovación en sus prácticas metodológicas. Actualmente el Activo de Exploración Misantla-Golfo de México está implementando la reingeniería en sus procesos sustantivos. Como resultado se está logrando la reducción de tiempos entre el descubrimiento y el desarrollo de los yacimientos, así como la optimización de la inversión en la perforación exploratoria.

Para alcanzar estos objetivos se utilizan tecnología de punta y procesos innovadores:

La sísmica tridimensional de alta resolución para la definición y mapeo de los parámetros de riesgo de cada prospecto con mayor certidumbre.

Las técnicas de visualización tridimensional de las áreas prospectivas para delimitar la distribución y jerarquización de las trampas potenciales en función de su calidad y magnitud para reducir el tiempo de evaluación del potencial petrolífero en al menos un 50% respecto a una visión exploratoria tradicional.

Herramientas probabilísticas de evaluación para la evaluación de los recursos y riesgo exploratorio para sustentar la cartera de proyectos de inversión y la y la planificación estratégica de acuerdo al plan de negocios de PEMEX.

Programas compartidos de perforación exploratoria vertical y direccional a través de plataformas de desarrollo, ubicadas en las localizaciones clave para la reducción de costos en los proyectos integrales de exploración-producción.

Tecnología de punta en registros geofísicos y herramientas de terminación de pozos para optimizar los tiempos de adquisición y la calidad de datos geológicos y de ingeniería de yacimientos.

Integración y procesado de la información para generar una cartografía calibrada de las propiedades petrofísicas, clasificación-cálculo de reservas y la programación optimizada del desarrollo de campos.

Estas actividades se desarrollan mediante la interacción multidisciplinaria de Geociencias y de Ingeniería, con un alto sentido de trabajo en equipo y enfoque económico. Como resultado se fortalecen las habilidades de los recursos humanos a través de procesos innovadores y de la aplicación de mejores prácticas en la industria petrolera.

GGP-03

EXPLORACIÓN GASÍFERA EN ÁREA FRONTERA, PROYECTO LAMPREA, MÉXICO

Dionisio Rodríguez F., Eduardo Macias Z., Manuel Zambrano A., Juan M. Alvarado V., Francisco González P. y Cirilo Pérez B.

Exploración y Producción Tampico, PEMEX
E-mail: drofriguez@nte.pemex.com

La evolución tectónica sedimentaria del área del proyecto Lamprea, fue controlada por la apertura del Golfo de México a partir del Triásico Tardío al Jurásico Temprano y la subsecuente subsidencia de la cuenca debido al enfriamiento de la corteza (manto superior) y la carga sedimentaria de mas de 6000 Mts. de columna.

La base de la columna esta constituida por depósitos carbonatados del Mesozoico Tardío que fueron remplazados por sedimentos clásticos a lo largo del periodo Terciario.

La tectónica del Cenozoico fue dominada por despegues aunados a un sistema de fallas de extensión con su componente compresiva en la porción frontal de los despegues, estos estilos estructurales están asociados al desarrollo de cuerpos de sal y sedimentos de origen arcillosos. La extensión esta asociada con fallas de crecimiento de diferentes edades las cuales tuvieron al menos 3 superficies de despegues regionales.

La sal evacuada, la formación de diapiros arcillosos y los "toe thrusting" tuvieron su máximo desarrollo echado abajo hacia la porción occidental del área esta sal desalojada y las arcillas dieron lugar a una serie de mini-cuencas que fueron rellenadas con sedimentos de aguas profundas asociadas a depósitos turbidíticos.

Desde el punto de vista económico, en el área se encuentran presentes todos los elementos del sistema petrolero, y como principales riesgos pueden ser la migración de los hidrocarburos y la roca almacén. Se tienen trampas estratigráficas someras asociadas a barras de plataforma, arenas

de aguas profundas en mini-cuencas y arenas de aguas someras y profundas asociadas a cuñas progradantes en las fallas de crecimiento. Las posibles rutas de migración son de tipo vertical y están asociadas fallas normales de alto ángulo, fallas de crecimiento, los flancos de los domos arcillosos y las posibles soldaduras de sal.

La secuencia mas favorable para almacenar hidrocarburos comercialmente explotables son las rocas del Mio-Plioceno ya que se observan buenos sellos laterales y verticales además la interestratificación con las rocas arcillosas posibles generadoras propicia una buena sincronía.

Se concluye que la información exploratoria analizada a la fecha muestra un excelente potencial gasífero en esta área frontera.

GGP-04

ARENAS SOMERAS CON POSIBILIDADES DE CONTENER HIDROCARBUROS EN EL CAMPO FORTUNA NACIONAL

Juan Ricardo Alcántara García
Exploración y Producción, Activo Macuspana, PEMEX
E-mail: jrag530902@yahoo.com

El campo Fortuna Nacional fue descubierto en el año de 1949, mediante la perforación del pozo Fortuna Nacional-1, en el anticlinal Belén en arenas profundas de la Formación Amate Superior. El potencial de las arenas someras del campo quedó de manifiesto al perforarse los pozos Fortuna Nacional-11 (accidente mecánico por descontrol) y Fortuna Nacional-11 A en el año de 1955, al resultar productor de gas seco en el intervalo 285-294 m de la Formación Zargazal.

Se propone la explotación de 68 intervalos pertenecientes a las Formaciones Belén y Zargazal, con espesores de 2 a 54 m y saturaciones de agua de 10-60 %, mediante la perforación de 14 pozos gemelos someros de entre 225 y 1070 m de profundidad.

La estructura Belén (Fortuna Nacional) es un anticlinal ligeramente recumbente al suroeste que se manifiesta geomorfológicamente en superficie, tiene una orientación de noroeste a sureste y está limitado al oeste-suroeste por un par de fallas que se unen entre sí denominadas Buergos y Fortuna.

La salinidad del agua de formación que se consideró para las evaluaciones fue de 8000 ppm a una temperatura de fondo de 47.5° C, que indica una resistividad de agua de formación equivalente de 0.46 ohm-m. El factor de cementación (m) que se manejó fue de 1.6. Se realizó la evaluación petrofísica de 21 pozos entre las profundidades de 20 a 1035 m. A los intervalos con permeabilidades de menos de 5 milidarcies se les propone para fracturamiento en una segunda etapa de explotación. No obstante, hay que considerar que por tratarse de yacimientos de gas los intervalos con permeabilidades de microdarcies pueden contribuir a la producción. Además, existen 19 arenas cuyas evaluaciones son alentadoras a pesar

de encontrarse a menos de 100 m de profundidad, pero es probable que sus sellos hayan sido rotos por el frente hidrodinámico de aguas meteóricas.

El contenido de hidrocarburos en las arenas someras es muy errático. En la cima de la estructura el gas está presente en las arenas de la Formación Zargazal, mientras que hacia el flanco este-noreste que es el que tiene un echado normal de las capas, la acumulación de gas se encuentra en las arenas de la Formación Belén.

Las reservas medias que se calcularon fueron para las arenas de la Formación Belén del orden de 187.86 bcf y para la Formación Zargazal de 30.25 bcf. De acuerdo a su evaluación económica, sus valores presentes netos son 199.4 MM\$ y 62 MM\$, respectivamente.

Actualmente se cuenta en el campo Fortuna Nacional con una capacidad instalada para 25 MMPCD de gas y 2500 BPD de aceite, el campo produce 9 MMPCD y 217 BPD de aceite.

GGP-05

CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE LOS GASES DE LA CUENCA DE MACUSPANA, TABASCO MÉXICO

Alejandro A. Sosa Patrón, R. Paul Philp y Ernesto Caballero
García

Exploración y Producción, PEMEX
E-mail: Alsosapt2000@yahoo.com

La Cuenca de Macuspana ha sido explorada y explotada desde el inicio de los años 40's y dejó de ser desarrollada a finales de los 60's. Debido a que las técnicas geoquímicas, para el estudio de hidrocarburos, no estaban desarrolladas ni se aplicaban en México en esas fechas, la caracterización de la roca generadora no fue realizada.

Como resultado, el interés de este trabajo es la de caracterizar genéticamente los gases de once campos de la Cuenca de Macuspana, utilizando datos isotópicos de compuestos orgánicos individuales, basándose adicionalmente con información existente de estudios de biomarcadores, chapopoterías y aceites pertenecientes a rocas generadoras Terciarias y Jurásicas de las Cuencas Terciarias el Sureste de México.

Es importante mencionar que los valores isotópicos de los aceites y chapopoterías estudiadas en la cuenca de Macuspana varían entre -22‰ a -21‰ ; los valores de los aceites provenientes de rocas generadoras del Jurásico Superior tienen un rango entre -25‰ y -26‰ . Esta información es valiosa ya que teóricamente se presume que el valor isotópico entre los hidrocarburos y su roca generadora presenta una variación de -1‰ a -2‰ . Este concepto es básico para determinar la probable roca generadora a través de la isotopía.

Las diferentes técnicas de estudios isotópicos para gases naturales fundamentadas en la integración de parámetros tales como la humedad de los gases, los valores $\delta^{13}\text{C}$ del metano al

butano, las tendencias de fraccionamiento isotópico, así como la aplicación de modelos matemáticos para la determinación de madurez de la roca generadora al momento de expulsar los gases, nos hacen concluir que los gases explotados en la cuenca de Macuspana son una mezcla entre gases termogénicos de diferente nivel de madurez y/o entre gases termogénicos y biogénico, siendo la mayor proporción de gas termogénico en el sur de la cuenca y de gas biogénico el norte y oriente de la misma.

Adicionalmente se determinó que existen dos familias bien diferenciadas de mezcla de gases, una de las cuales es representada en el campo José Colomo y la otra en el campo Usumacinta, ambas están presentes en el campo Hormiguero.

La madurez de los gases en la porción sur de la cuenca esta en el rango de 0.9 a 0.95% Ro, disminuyendo hacia el norte y el borde oriental, donde disminuye a 0.7% Ro y a rangos aún menores.

Los resultados del análisis de la relación $(\delta^{13}\text{C}_2 - \delta^{13}\text{C}_3)$ y $\ln(\text{C}_2/\text{C}_3)$, nos indican que los gases provienen de un craking primario. Más sin embargo nueva información acerca de diamantoides de los aceites y condensados del área (Moldowan, 2001) sugiere la posibilidad de que los bitúmenes alojados en la roca generadora Jurásica haya sufrido un craking secundario reciente y aporte proporciones de gas económicamente importantes.

GGP-06

EL TERCIARIO EN LA CUENCA DEL SURESTE Y SU POTENCIAL PETROLERO: ¿REGRESAR POR LO OLVIDADO?

Jaime González Alanís y Victor M. Chavez Valois
Exploración y Producción, Región Sur, Activo de Exploración
Reforma-Comalcalco, PEMEX
E-mail: vcchavvl@sur.pep.pemex.com

El propósito de este trabajo es el de conocer y evaluar el potencial petrolero de las secuencias siliciclásticas del Terciario presentes en el subsuelo una parte importante de la Cuenca del Sureste denominada Activo de Exploración Reforma-Comalcalco (AERC). Estas rocas dejaron de ser exploradas a raíz de los descubrimientos de hidrocarburos en el Mesozoico a principios de los años 70's, lo cual propició que se abriera una brecha de desconocimiento de casi treinta años en la columna sedimentaria del Terciario.

El Estudio de Identificación, Definición y Delimitación de los Plays Terciarios en el AERC fue realizado por un equipo interdisciplinario de trabajo que compiló y validó información para crear una base de datos; programar y armar trece transectos regionales apoyados con casi 1900 kilómetros de líneas sísmicas 2D y 3D, columnas geológicas y registros geofísicos de más de 200 pozos, estudio de 160 núcleos, estudios bioestratigráficos, información de producción de campos terciarios, etc. etc.

El análisis e interpretación integral de los datos nos permitió establecer el marco estratigráfico-secuencial de la columna terciaria del AERC identificando y correlacionando, a lo largo y ancho del área de estudio, siete secuencias de tercer orden y sus respectivos límites, así como los ambientes de depósito prevalecientes desde la interfase Cretácico-Paleoceno hasta el Holoceno y las facies sedimentarias asociadas a cada uno de ellas.

Se caracterizaron dos grandes familias estructurales: la más antigua, representada por un cinturón de pliegues y cabalgaduras que se despega sobre la sal jurásica, provocada por dos fases de deformación, la primera se desarrolla durante el Paleógeno y que es redeformada durante el Mioceno Medio tardío al Plioceno Medio. La segunda está representada por fallas normales generadas por deslizamiento gravitacional desde el Plioceno Inferior al Holoceno, originando, al norte del área, la subcuenca de Comalcalco asociada a evacuación de grandes masas salinas y al oriente la subcuenca de Macuspana asociada a movilización de gruesos depósitos de lutitas.

La caracterización de los sistemas petrolíferos recalca la importancia que tiene la roca generadora del J S Tithoniano como la principal contribuidora de hidrocarburos hacia los yacimientos de las secuencias del Terciario cuyas gravedades varían de 23° a 50° API. A partir del modelado geoquímico se identifican focos de generación que han funcionado desde hace 29 m. a. hasta la actualidad. La migración hacia las trampas terciarias ocurre principalmente desde hace 11.7 m. a., mediante fallas mesozoicas que se conectan con las del terciario facilitando el ascenso de los hidrocarburos.

Se identificaron zonas de oportunidad donde se postula el desarrollo de plays importantes:

- Porción occidental del AERC donde se postulan plays de edad Mioceno-Plioceno asociados a turbiditas no confinadas que tienen muy buenos desarrollos arenosos y sellos eficientes.
- Franja norte del AERC, en esta área se ubican los plays probados de los campos terciarios de la subcuenca de Comalcalco asociados a sistemas deltaicos de margen de plataforma desarrollados durante el Mioceno Superior-Plioceno.
- Parte noreste del AERC, se identifican plays de arenas turbidíticas del Mioceno Superior asociadas a minicuenas originadas por diapirs arcillosos.
- Extremo sur del AERC donde se encuentran los cuerpos de brechas calcáreas del Eoceno Medio desarrolladas como depósitos de talud o como flujos de escombros provenientes de la plataforma, al sur.
- Franja oriental del AERC, se han identificado y postulado plays asociados a acuíferos y truncamientos de capas arenosas de edad Plioceno de facies transicionales contra los flancos de las crestas arcillosas.

Estudiar los plays en cualquier cuenca es importante ya que estos representan la unidad operativa fundamental del proceso exploratorio a cualquier nivel de prospección en que ella se encuentre y, debido al considerable valor económico que agregan, deberán influir en las estrategias exploratorias futuras de la Región. El entendimiento de la historia tectónico-sedimentaria de la cuenca y la relación que guarda con sus sistemas petrolíferos nos permite reconocer las áreas más atractivas con presencia de plays de alto y mediano potencial que en un futuro permitan la incorporación de nuevas reservas además de revertir al corto plazo la tendencia de declinación de nuestros campos.

GGP-07

EL VALOR DE LA SÍSMICA 3D EN LA DELIMITACIÓN DEL CAMPO DE GAS MACUILE, ESTADO DE VERACRUZ

Arturo Escamilla Herrera, David Barrera González y Carlos T. Williams Rojas
Exploración y Producción, Activo de Exploración Salina del Istmo, PEMEX
E-mail: aescam@yahoo.com

Este trabajo tiene como propósito, resaltar la importancia de la interpretación de datos sísmicos tridimensionales dentro de la exploración petrolera y la manera en que éstos, dentro del proceso exploratorio, nos ayudan a establecer estrategias al delimitar la extensión de un campo y cuantificar sus reservas para sustentar su desarrollo.

En el año de 1974 con la perforación del Pozo Macuile-4 se cortaron dos horizontes de arenas de 5 y 7 metros de espesor dentro de la secuencia de edad Plioceno Inferior, dichos horizontes fueron probados con éxito, clasificándose a dicho pozo como productor de gas seco, sin embargo, dada la falta de instalaciones superficiales, la incertidumbre en cuanto a la extensión del campo y los resultados desalentadores al intentar delimitarlo con la perforación de otros 2 pozos en los años de 1975 y 1976, hasta la fecha no ha sido puesto a producir comercialmente.

Como una decisión estratégica enfocada a resolver el modelo geológico, extensión y distribución de los dos yacimientos de este campo, se programó la adquisición de un levantamiento sísmico tridimensional de 426 km² a finales del año 2000 y principios del 2001. La información sísmica obtenida fue preparada desde su adquisición y secuencia de procesamiento para preservar las amplitudes reales y los datos analizados fueron migrados en tiempo antes de apilar.

La interpretación del cubo sísmico y su calibración con los registros y columnas geológicas de pozos, a través de la generación de sismogramas sintéticos, y del análisis de las características de las trazas sísmicas en los intervalos productores, puso de manifiesto claramente la existencia de anomalías de amplitud relacionadas a ambos horizontes productores. Su correlación dentro del cubo y el análisis de su

distribución nos definen el modelo geológico al que están asociadas, denotándose además una clara componente estratigráfica que caracteriza a este campo que se combina con la componente estructural del trend Macuile.

Con los mapas de amplitud obtenidos y los rangos de anomalías calibradas se seleccionaron cinco localizaciones exploratorias que permitirán delimitar el Play del Plioceno Inferior en las dos arenas. Adicionalmente los resultados de esta interpretación permitieron evaluar y certificar reservas en el Campo Macuile, así como plantear un plan de desarrollo preliminar para su explotación.

GGP-08

EL POTENCIAL GASÍFERO DE LOS PLAYS WILCOX Y QUEEN CITY EN LA CUENCA DE BURGOS, MÉXICO

Mariano H. Téllez, Antonio Espiricueto, Alberto Marino, Jesús de León, Alcides Hernández, Douglas Hamilton y Alex MacKeon
Exploración y Producción, PEMEX
E-mail: mtellez@nte.pep.pemex.com

La Cuenca Terciaria de Burgos está localizada en la región noreste de México, al sur del Embahamiento del Río Grande y es la principal productora de gas no asociado en el país con una producción diaria de 1,000 millones de pies cúbicos (1,000 MMPC)

Los plays Wilcox y Queen City, aportan el 70% de la producción diaria de la cuenca, con una producción acumulada de 2.0 MMMMPC y reservas 3P (Probada + probable + posible) de 2.2 MMMMPC.

El estudio de los plays Wilcox y Queen City se inició a principios de 1998, con el fin de identificar áreas prospectivas y conocer los mecanismos que controlan la productividad de los yacimientos. El área de estudio cubre aproximadamente 10,000 km². y se ubica en la parte oeste de la cuenca.

Se analizaron y correlacionaron datos de más de 600 pozos calibrados con información sísmica 3D y 2D; asimismo mediante la aplicación de estratigrafía de secuencias se interpretaron secciones a detalle integrando datos petrofísicos y de producción, se estableció también el marco estructural y estratigráfico regional, definiendo los modelos de depósito e identificando grandes discordancias y fallas de crecimiento que afectan de manera importante la distribución de los plays.

Este estudio dio mayor certidumbre para el desarrollo de los campos y se identificaron 64 áreas de oportunidad entre exploratorias, de desarrollo y extensión de campos. El recurso remanente en estos plays, se estima en 0.8 MMMMPC en los Plays del Eoceno Wilcox y 2.2 MMMMPC en los Plays Queen City.

GGP-09

POTENCIAL GASÍFERO DE LA CUENCA DE SABINAS Y ÁREA PIEDRAS NEGRAS, MÉXICO

Genaro Ziga Rodríguez, Abel Pola Simuta, Jesús Gutiérrez Arroyo, Luis A. Puente Fragoso, Francisco González González, Gabriel Ramos Herrera y Lorena Calderón Santos
Exploración y Producción, PEMEX
E-mail: gziga@nte.pep.pemex.com

La Cuenca de Sabinas y el Área Piedras Negras, se ubican en la porción norte central del país, cubriendo los estados de Coahuila, Nuevo León y parte oriental de Chihuahua. Su origen esta relacionado con la apertura del Proto Golfo de México, ocurrida en el periodo Jurásico.

La Cuenca de Sabinas, paleogeográficamente se encuentra limitada al Norte por la Península o Plataforma de Tamaulipas, al Sur por la Isla de Coahuila, al Oriente por la Cuenca de Burgos y al poniente por la Cuenca de Chihuahua. El Área Piedras Negras, para el Jurásico Superior, se localiza sobre la Plataforma de Tamaulipas.

La columna de estas cuencas esta compuesta por rocas sedimentarias de edad Triásico al Cretácico Superior.

La exploración en estas áreas se inició en la década de los 30's y es hasta 1975 cuando Petróleos Mexicanos establece producción comercial en la Cuenca de Sabinas con la perforación del pozo Buena Suerte 2-A, el cual resultó productor de gas seco, en carbonatos naturalmente fracturados del Cretácico Inferior. A la fecha se han descubierto y desarrollado 5 campos en los plays La Gloria y La Casita, del Jurásico Superior y Virgen y Padilla del Cretácico, que han acumulado 374 MMMpc de gas seco, de una reserva original de 406 MMMpc.

La producción acumulada por pozo productor varia de 5 a >30 MMMpc en el campo Monclova-Buena Suerte; 9 MMMpc en el campo Merced; 3.4 MMMpc en el campo Lampazos; 1.5 MMMpc en el campo Florida y 2.0 MMMpc en el campo Zuloaga. La producción máxima en la cuenca fué de 250 MMpc de gas seco por día en el año de 1982, en la actualidad la producción diaria es de 8.5 MMpc.

El Área Piedras Negras, tiene una producción acumulada de 9.6 MMMpc, con producciones iniciales máximas de 2.9 MMpc en el campo Trilobite; de 2.1 MMpc en el campo Omega; de 1.5 MMpc en el campo Vacas y de 0.6 MMpc en el campo Casa Roja, este último el único desarrollado en esta área, mediante 12 pozos.

La disminución de la producción, se considera ocurrió debido a la conjugación de los siguientes factores: Alta declinación de los yacimientos, complejidad en el tipo de trampa, y altos costos de exploración y desarrollo, aunado al descubrimiento de campos gigantes en el sur del país.

Existen además 7 pozos productores iniciales no conectados, que representan un potencial gasífero a evaluar: Minero-1, Ulúa-1, Huerta-1, Maestro-1, Patricio-1, Gato-1 y Garza-1, cuyo rango de producciones iniciales varía desde 0.4 hasta 4.7 MMpcd.

A partir del año pasado, se inició un estudio de Evaluación del Potencial Remanente, aplicando la metodología de análisis de sistemas petroleros y plays; por medio de este estudio, identificándose 3 sistemas petroleros: La Casita (I), La Casita-La Virgen(I) y Eagle Ford-Austin Chalk(¿); 13 plays, de los cuales se han evaluado La Casita, La Virgen, Cupido, Austin Chalk, Arrecife Stuart City-El Burro, y Olmos.

De manera inicial, solo en los plays productores La Virgen y La Casita, en la Cuenca de Sabinas se estiman recursos no descubiertos en un rango de 0.5 a 2.2 MMMMpc. Mientras que en el Área Piedras Negras se está en etapa de evaluación interpretándose un potencial atractivo debido al número de campos y plays explotados en los condados de Maverick, Dimmit, y Webb del Sur de Texas, buscando la continuidad de estos plays productores en el norte de México.

Para este año, se tienen aprobadas 7 localizaciones exploratorias en esta área, de las cuales se perforaran 3 en el segundo semestre, buscando probar la continuidad en el norte de México, del Play Olmos y Austin Chalk, productores de gas y aceite ligero en el del Sur de Texas, además del potencial gasífero de los plays La Virgen y Hosston. La inversión exploratoria en estas actividades, alcanza 33 mm de pesos. Para el potencial desarrollo de estos campos se tiene programada la adquisición de sísmica 3D en un área mayor de 1000 Km².

Para continuar con el rejuvenecimiento de este proyecto, para el 2003, se tiene programado perforar en la Cuenca de Sabinas 9 pozos exploratorios, con profundidades que varían desde 2500 a 5000 m, con los que se pretende evaluar un recurso medio de 523 MMMpc con una probabilidad de éxito geológico de 11 a 55 %, con una inversión exploratoria de 326 mm de pesos. Además se tiene programado adquirir 2320 km de Sísmica 2D e iniciar un programa de 3160 Km² de Sísmica 3D para probable desarrollo.

Por último, el esfuerzo exploratorio en este proyecto, se refleja en una cartera exploratoria diversificada, la cual tiene un total de 70 oportunidades exploratorias, con objetivos distribuidos 13 plays y profundidades que van desde 1200 hasta 5500m, con un recurso medio de 2.4 MMMMpcg, una probabilidad de éxito geológico de 23 a 49 % y un recurso medio total a incorporar de 1.0 MMMMpcg.

GGP-10

CÁLCULO DE ATRIBUTOS SÍSMICOS MEDIANTE LA TRANSFORMADA ONDICULAR DISCRETA

David E. Rivera Recillas¹⁻², J. Oscar Campos Enríquez³, M. Manuel Lozada Zumaeta¹ y Gerardo Ronquillo Jarillo¹

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: drivera@imp.mx

² Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

³ Instituto de Geofísica, UNAM

Los atributos sísmicos son de gran utilidad para analizar señales sísmicas en la exploración y la caracterización de yacimientos. Los atributos básicos son los atributos instantáneos: amplitud, fase y frecuencia. Para calcular estos atributos se emplea la transformada de Hilbert pues produce la cuadratura de una traza para completar una señal analítica. Con la traza y su cuadratura es posible obtener los atributos instantáneos. La técnica convencional para calcular la transformada de Hilbert se basa en la transformada de Fourier. También se puede obtener al convolucionar la señal con el filtro correspondiente al operador de Hilbert en el dominio del tiempo.

Por otra parte, la transformada ondicular permite descomponer una señal en diferentes componentes de frecuencia o escala, manteniendo la localización temporal. También las técnicas de eliminación de ruido tienen control tanto del tiempo como de la escala, permitiendo una mejor eliminación de eventos no deseados.

En esta investigación presentamos avances del uso de la transformada ondicular discreta para obtener los atributos sísmicos instantáneos. Esto se logra mediante la diagonalización del operador de Hilbert en el dominio ondicular: a partir de una base ondicular biortogonal se contruye una nueva base ondicular biortogonal en la que el operador está diagonalizado.

Presentamos la aplicación de éste método eficiente en el análisis de secciones sísmicas sintéticas y ventanas de secciones reales. Se compara con los métodos tradicionales y se muestran sus ventajas.

GGP-11

VISUALIZACIÓN DE UN CUBO SÍSMICO

Fernando Sánchez Lu y J. Gerardo López Leyva

Activo de Exploración Misantla-Golfo, PEMEX

E-mail: fsanchez@nte.pep.pemex.com

La necesidad de descubrir nuevos yacimientos de hidrocarburos nos ha obligado a utilizar tecnologías de punta, como lo es la visualización de un cubo sísmico en tercer dimensión.

Con este método se calibran las amplitudes anómalas, las que normalmente asociamos con horizontes que pueden contener hidrocarburos.

Al detectar estas anomalías analizando paquetes o rebanadas de tiempo cada 100, 200 o 500 milisegundos se pueden definir áreas con gran coincidencia de anomalías en profundidad; esto nos permite interpretar de manera más rápida y oportuna las estructuras donde exista mayor concentración de anomalías, ya que estas anomalías se mapean.

Posteriormente se jerarquizan estas anomalías por su extensión y coincidencia y se procede a interpretar la sísmica para definir en forma más precisa la distribución de anomalías de amplitud antes visualizada.

Este método nos permite obtener una cantidad de oportunidades exploratorias en un tiempo mínimo, lo que significa un ahorro considerable de horas hombre en la generación de localizaciones.

Si con el método tradicional de analizar la sísmica línea por línea se tardaba un año en generar de 25 a 30 localizaciones, ahora con este nuevo método se utilizaría un máximo de 6 meses en generar la misma cantidad de localizaciones para perforar.

GGP-12

REPRESENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL SUBSUELO MEDIANTE TOMOGRAFÍA SÍSMICA Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL

Arturo Malagón Montalvo¹ y Jorge Mendoza Amuchastegui²

¹ Instituto de Ingeniería Sísmica, Universidad de Guadalajara
E-mail: malagon_arturo@hotmail.com

² Instituto Mexicano del Petróleo

La Tomografía es una técnica usada comúnmente en la medicina para crear imágenes del interior del cuerpo humano. Este concepto se ha aplicado e implementado en la sismología, como una herramienta útil para la exploración de cuerpos anómalos que pudieran existir en el subsuelo. La Tomografía Sísmica tiene como objetivo desarrollar la metodología requerida para lograr la reconstrucción de imágenes basadas en inversión de datos y representar características físicas en el subsuelo.

En este trabajo se presentan las técnicas ART (técnica de reconstrucción algebraica) y SIRT (técnica de reconstrucción iterativa simultánea) para la reconstrucción de imágenes del subsuelo, y lograr la representación de parámetros sísmicos como la distribución de velocidad a partir de observaciones del tiempo de tránsito y la atenuación por medio de la inversión de la amplitud de una señal propagada a través del medio entre dos pozos, así como el poder resolutivo de los métodos y la importancia de la geometría en la adquisición de datos.

Estas técnicas se basan en el trazado de rayos para generar un sistema de ecuaciones, en donde el número de incógnitas a resolver está determinado por la cantidad de píxeles en que se haya discretizado el medio. La discretización depende del cubrimiento, si este número es pequeño la imagen reconstruida

será de baja resolución y representará sólo las características más generales, pero si es grande, implicará obtener una imagen más resolutive que permita observar más detalles de la estructura geológica. Si se tiene parte del modelo que no son cubiertos por rayos, tendremos un cierto grado de indeterminación en el sistema. En este caso podremos introducir un factor de amortiguamiento para reducir la influencia de la parte bajo determinada.

La técnica de reconstrucción algebraica (ART), se uso para un modelo sintético utilizando la metodología para tomografía de tiempos de tránsito y la técnica de reconstrucción iterativa simultánea (SIRT), se uso con el método de tomografía de atenuación, con datos reales de pozos obtenidos de un experimento realizado en un campo petrolero ubicado en el estado de Texas, E.U.A.

Se obtuvieron tomogramas con resultados muy satisfactorios que permiten conocer de una forma más precisa y detallada la estructura interna del subsuelo y por lo tanto la resolución de estos métodos de inversión, ya que es de suma importancia para analizar el comportamiento de reservorios, sus condiciones, estimación de profundidades, etc. Estas técnicas de tomografía sísmica son posibles aplicarlas a la ingeniería ya que permite determinar zonas anómalas ya sean de alta o baja velocidad con gran precisión debido a oquedades, fallas o cuerpos confinados. Es posible detectar cavernas, fisuras o accidentes estructurales geológicos que pudieran ocasionar problemas en la cimentación de estructuras civiles.

GGP-13

INTERPRETACION DE YACIMIENTOS INTERCONECTADOS MEDIANTE EL CUBO DE COHERENCIA

Juan Espinosa Luna, Moisés Medellín S. y Griselda García Olvera
IMP
E-mail: j0265@hotmail.com
PEMEX

La aplicación del cubo de coherencia en 3-D es un proceso extremadamente poderoso, mediante el cual podemos realizar una mejor caracterización del yacimiento, el proceso provee mapas exactos de cambios en la forma de onda sísmica, estos cambios definen zonas de fallas y horizontes, pudiéndose mapear directamente del cubo de coherencia.

Los cambios en la forma de onda sísmica son mapeados a través de un horizonte y permiten definir alineamientos, que son revelados como superficies de una falla, donde las reflexiones no fueron grabadas. Una de las características del cubo de coherencia es la exactitud con la cual se pueden visualizar las fallas antes de la interpretación, por una simple visualización del cubo.

En áreas donde las altas amplitudes de la sísmica son asociadas con acumulaciones de hidrocarburos, tal como ocurre en el golfo de México, el contexto estatigráfico y estructural puede ser definido mas claramente a través de datos de coherencia. La amplitud convencional de las trazas sísmicas provee imágenes de hidrocarburos, pero no distingue claramente el contexto estatigráfico. Sin embargo el cubo de coherencia permite distinguir fallas complejas en cualquier dirección.

Con el objetivo de identificar si existe conexión estructural entre los campos KU de complejo KU-MALOOB-ZAAP y KUTZ del complejo CANTARELL. Se aplico el cubo de coherencia a dicha área. Los resultados demuestran que existen zonas de interconexión entre dichos campos, por lo que se puede concluir que dichos campos se encuentran interconectados.

GGP-14

MODELO PARA LA INTERPRETACIÓN EN SECCIÓN SÍSMICA DE CUENCAS SEPULTADAS TIPO "FORELAND"

Ricardo Hernández Jáuregui y Juan José Valencia Islas
Competencia de Tecnología de Exploración, IMP
E-mail: rhernan@imp.mx

Se realizó un estudio de sedimentación sinorogénica de la Cuenca de Maconí, ubicada al Centro-Oriente de Querétaro, México, con la finalidad de caracterizarla desde el punto de vista estructural, sedimentológico y estratigráfico, para elaborar un modelo de aplicación en cuencas petroleras del mismo tipo que se encuentren en subsuelo con poca o escasa información geológica directa. Las condiciones geológicas de la región para este efecto son propicias, debido a que se tiene poca vegetación y a que la cuenca se encuentra expuesta superficialmente, aunado a lo anterior es fácilmente reconocible la geología gracias a las grandes y profundas cañadas que cortan convenientemente las estructuras geológicas de grandes dimensiones.

El resultado fue la creación de un modelo geológico de la cuenca, que permite visualizar en tiempo y espacio su evolución estructural y depositacional a lo largo del evento compresivo que le dio origen, también se determinaron las características más importantes en cuanto al tipo y la tendencia del fracturamiento y la identificación del tipo de estructuras sedimentarias generadas, todo ello a nivel de afloramiento, ya que como es sabido, esta clase de información se obtiene solo de forma puntual durante la perforación de un pozo.

El modelo obtenido se aplica bajo el mismo criterio geológico en algunas cuencas nacionales de importancia petrolera así como en la cuenca de Po en Italia, por tener las mismas condiciones genéticas que la cuenca de Maconí en Querétaro, con lo que se da una predicción de las condiciones geológicas que se pueden encontrar en ellas en subsuelo, lo cual resulta de gran utilidad especialmente si se quiere establecer un "Play" petrolero.

GGP-15

UNA METODOLOGÍA PARA OBTENER LOS FACTORES DE CALIDAD Q_p Y Q_s A PARTIR DE DATOS SÍSMICOS DE REFLEXIÓN

Miryam Ortiz^{1,2}, Carlos Calderón² y Jaime Ramos²

¹ DEPEI, UNAM

E-mail: mrymx@yahoo.com.mx

² IMP

Existen diversos factores que afectan la amplitud de las ondas sísmicas durante su trayectoria en el subsuelo, uno de estos factores se relaciona a la transferencia de energía por fricción y se describe como atenuación intrínseca del medio. En sismología de exploración, este factor comúnmente no es tomado en cuenta en la secuencia de proceso que se aplica a los datos. Esto se debe en parte, a que normalmente no existe información in situ sobre la atenuación del medio en el que se propagan las ondas. Sin embargo, la recuperación de los factores de calidad de ondas compresionales, Q_p , y de ondas de corte, Q_s , podrían ser de gran ayuda en la caracterización de yacimientos de hidrocarburos.

En este trabajo revisamos una metodología para obtener el factor de calidad de onda P, y proponemos una metodología para recuperar el factor de calidad de la onda S, a partir de la onda convertida de P a S, medida en la componente radial de datos sísmicos multicomponente, para el caso de una fuente de tipo compresional. La propuesta está basada en un método espectral fundamentado en el modelo de atenuación de Futterman.

La metodología se ilustra utilizando sismogramas sintéticos obtenidos mediante el método de reflectividad. Enfocamos este estudio a la caracterización de yacimientos de arenas con gas y se discute el efecto que tiene la atenuación en el análisis de AVO para cuatro modelos diferentes de estos yacimientos.

GGP-16

CLASIFICACIÓN DE LITOLOGÍA Y BÚSQUEDA DE HIDROCARBUROS EMPLEANDO REDES NEURONALES Y ALGORITMOS GENÉTICOS EN DATOS SÍSMICOS

Luis C. Ramírez Cruz
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: luisrc@axayacatl.igeofcu.unam.mx
Instituto Mexicano del Petróleo

Se muestran los resultados del análisis simultáneo de atributos con Redes Neuronales, en datos sísmicos de un yacimiento fracturado. El área de estudio se ubica en el norte de México y corresponde a un campo maduro en estado de explotación avanzada, por lo que se requiere mejorar sus niveles de producción.

El análisis simultáneo de atributos se presenta como una alternativa para la búsqueda de hidrocarburos y el desarrollo de nuevas zonas de interés petrolero; los atributos utilizados van

desde los instantáneos de traza compleja hasta el uso de la forma de onda. En este estudio se aplicaron técnicas de reconocimiento de patrones a través de las Redes Neuronales, las cuales fueron utilizadas de dos maneras. La primera para clasificar litología y la segunda para identificar zonas potencialmente productoras, a través de la firma sísmica (forma de onda) de las zonas productoras ya conocidas. También se experimentó con una técnica híbrida para clasificación de litología, la cual combina las redes neuronales y los algoritmos genéticos, generando un sistema más robusto que es capaz de resolver problemas no lineales. Los resultados mostraron el potencial que tiene este tipo de estudio en la clasificación de litología así como en la predicción de alguna característica del subsuelo, como el contenido de hidrocarburos o las propiedades petrofísicas, empleando los registros de pozo, los atributos y la sísmica como guía.

GGP-17

SIMULACIÓN ESTOCÁSTICA DE UN MEDIO POROSO VUGULAR Y SU APLICACIÓN A CARACTERIZACIÓN DE YACIMIENTOS PETROLEROS

Ricardo Casar González y Vinicio Suro Pérez
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: rcasar@imp.mx
Exploración y Producción, PEMEX

Los yacimientos petroleros de la Sonda de Campeche se caracterizan por estar asociados a medios porosos carbonatados, altamente heterogéneos y de tipo vugular. Un sistema poroso constituido por matriz-vúgulo es posible modelarlo mediante un enfoque estocástico; así, en este trabajo se propone un procedimiento original para describir, modelar y simular un sistema poroso con las características propias de los yacimientos mexicanos de dicha región, en particular, de los campos Cantarell y Abkatún. Primeramente, se establece la distribución espacial del medio poroso, a partir de información de tomografía computarizada de rayos X aplicada a núcleos obtenidos en pozos, donde la variabilidad espacial es caracterizada por medio de la función variograma. Después, este procedimiento es extendido a imágenes de pared de pozo basadas en resistividad, demostrándose la consistencia de los modelos de variabilidad espacial obtenidos en ambas escalas. Finalmente, ambos resultados son empleados para simular este medio vugular, numérica y estocásticamente, a través de la simulación secuencial de indicadores, con lo cual se identifica qué es vugulo y qué no es vugulo. Diversos ejemplos, contrastando la información observada y los resultados estocásticos obtenidos, demuestran la aplicabilidad del enfoque propuesto.

GGP-18

GRANDES INTERCOMUNICACIONES DE ACEITE CRUDO EN CAMPOS PETROLEROS DE MÉXICO; APLICACIÓN DE LA GEOQUÍMICA DE YACIMIENTOS

Demetrio Santamaría Orozco, Mario A. Guzmán Vega, Eduardo Rosales Contreras, Cristina Hernández Eugenio y Lilia Castro Ortíz
Exploración, IMP
E-mail: dsantama@imp.mx

El Complejo Cantarell principal productor de aceite crudo pesado en México está localizado en la parte marina de las costas de Campeche, Sur del Golfo de México. Este complejo está constituido por cinco grandes campos (Akal, Chac, Nohoch, Kutz, y Sihil) separados por grandes fallas y/o diapirismos salinos.

Los objetivos del estudio fueron definir las heterogeneidades internas de los aceites en sentido lateral y vertical, e identificar si existen compartimentos dentro del complejo o los campos.

El estudio se basó en el análisis geoquímico de 146 muestras de aceites de producción, haciendo énfasis en la cromatografía de gases de varios rangos de la fracción de los hidrocarburos saturados concluyendo lo siguiente:

Existen cuatro grupos similares de aceite crudo dentro del Complejo Cantarell, el principal localizado en el mega - bloque Akal, otro que incluye a los bloques Chac-Nohoch, otro en el bloque Kutz y otro en el bloque Sihil.

La compartimentalización sólo ocurre en los bloques separados, pero dentro de ellos mismos hay gran interconexión e intercomunicación. Lo que hace suponer, que las barreras que impiden los procesos de conectividad están relacionadas únicamente con grandes zonas de falla o diapirismo salino.

Por ejemplo, en el mega-bloque Akal fueron definidos 5 subgrupos, los cuales aparentemente están relacionados con el área de drenaje de las distintas plataformas de explotación. Dicha distribución sugiere que podrían estar asociados a pequeñas zonas de flujo que se forman durante la producción.

De aquí que los aceites lleguen a atravesar incluso fallas secundarias en forma lateral, una o varias formaciones geológicas en forma vertical y no necesariamente hacia arriba, a pesar de que el bloque tiene una columna de aceite de más de 1 kilómetro de espesor y un área de más de 100 km².

Se concluye que los procesos de intercomunicación y quizás de convección son muy grandes. Esto tiene implicaciones económicas en la forma de explotación de un campo petrolero.

Dicha interpretación debe ser apoyada con más estudios; tales como: porosidad, diagénesis, trazadores químicos o radiométricos y geología estructural, para su confirmación.

GGP-19

CONJUGACION DINAMICA Y ESTATICA EN LA CARACTERIZACION DE YACIMIENTOS PETROLEROS COMPLEJOS

Roberto Padilla Sixto y Carlos Pacheco Gutierrez
Gerencia de Ingenieria de Yacimientos, Instituto Mexicano del Petroleo
E-mail: rpsixto@imp.mx

A partir de estudios de caracterización realizados en yacimientos carbonatados productores de hidrocarburos, se presentan los resultados logrados de la conjunción dinámica y estática en sistemas complejos. La parte dinámica se sustenta en la solución al problema de flujo de fluidos en medios porosos, trasladado a un análisis iterativo e interactivo de pruebas de pozo de presión y producción, mientras que la parte estática está dirigida a la definición geológica-petrofísica del yacimiento.

La conjugación de características dinámicas y estáticas, e información adicional soporta resultados como: La definición estructural y límites de yacimientos, esto es determinado a través de la detección de fronteras estacionarias o pseudo estacionarias, asociadas respectivamente a la existencia de acuíferos y fallas impermeables. Aunque la definición de contactos y volúmenes es establecida a través del análisis de registros geofísicos, su efecto es evaluado del análisis de datos de presión y producción. La valoración de permeabilidades es confrontada con los modelos de fracturamiento que se apoyan en microestructuras con base en el análisis de muestras de núcleos. De lo anterior, la existencia de sistemas de fracturas asociadas a plegamientos o fallamiento crean verdaderos sistemas referenciales de conducción de fluidos, afectando tanto porosidad como permeabilidad; esto es reflejado en términos dinámicos ya sea mediante sistemas heterogéneos compactos con baja capacidad de flujo u homogéneamente fracturados con transmisibilidades extremadamente altas, y en donde la comunicación entre bloques separados por fallas es factible de evaluar. Ya que el fracturamiento, puede no ser continuo, ni vertical ni lateralmente, y asimismo su intensidad y distribución es variable, a escala de pozo la influencia de microfracturamiento es asociado a valores favorables en la eficiencia de flujo. En este mismo sentido, la definición de zonas preferenciales de flujo establecidas de modelos de litofacies, justifican las variaciones en las capacidades de flujo encontradas a escala de estratos. Asimismo, basados en características de paleoambientes sedimentarios, de estudios megascópicos y microscópicos de fracturas, en función del tipo de porosidad, se delinean medios no fracturados altamente productivos, sistemas fracturados de baja productividad y otros altamente fracturados de extrema transmisibilidad que se comportan hidráulicamente como sistemas homogéneos.

El éxito de los resultados alcanzados son el producto de la interrelación, por un lado de la ingeniería de yacimientos, y por el otro del área geológica-petrofísica. Es importante señalar

que en la ausencia de una de estas áreas, o el caso de un trabajo aislado, difícilmente un estudio de yacimiento llegará a buen término. Estos resultados son de trascendental importancia en el establecimiento de estrategias tendientes a mejorar los esquemas de explotación de los campos.

GGP-20

ANÁLISIS FRACTAL DE REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZO EN UN YACIMIENTO CARBONATADO NATURALMENTE FRACTURADO DEL GOLFO DE MÉXICO

R.D. Arizabalo¹, K. Oleschko², G. Korvin³, G. Ronquillo¹ y E. Cedillo-Pardo¹

¹ Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: rarizaba@imp.mx

² Instituto de Geología, UNAM

³ King Fahd University, Saudi Arabia

Demostramos que los registros de pozo medidos en un yacimiento carbonatado naturalmente fracturado tienen un carácter fractal, siendo sus parámetros fractales correlacionados con las propiedades petrofísicas de los depósitos. Con base en los registros de porosidad neutrón, densidad, rayos gamma, tiempo de tránsito de la onda P, resistividad laterolog somera y profunda, en el intervalo de profundidad estudiado, se definen cinco estratos: Jurásico Superior Tithoniano y Kimmeridgiano (JST, JSK), Cretácico Superior Medio e Inferior (KS, KM, KI). Cada una de estas capas tiene características y dimensiones fractales diferentes. Utilizando el software BENOIT se modelaron las trazas de los registros como movimiento Browniano fraccional (fBm) obteniéndose dimensiones fractales para el registro de porosidad: $D=1.70$ (KS), $D=1.66$ (KM), $D=1.75$ (KI), $D=1.84$ (JST), $D=1.67$ (JSK). Se concluye que la geometría fractal de los poros dentro del carbonato controla las fluctuaciones de los registros. Se propone atribuir las diferencias observadas en la dimensión fractal a la influencia de la porosidad primaria y secundaria característica para cada unidad geológica.

GGP-21

ANÁLISIS DE PARÁMETROS PETROFÍSICOS DE FORMACIONES CARBONATADAS USANDO MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Michiyo Ono Ishikawa y Aleksandr Mousatov
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: ishikawa@imp.mx

Los métodos estadísticos son una herramienta importante para la evaluación de propiedades petrofísicas. Uno de los procedimientos más comunes para predicción es regresión. Una desventaja de este método es que si la dispersión de los puntos a la curva ajustada es grande, el error de predicción tiende a crecer. Este efecto se observa en el caso cuando deseamos predecir la permeabilidad hidráulica como una función de la

porosidad total en las formaciones carbonatadas con doble sistema de porosidad. El tipo de la porosidad secundaria (vúgulos o fracturas) y las variaciones de litología y de valores de porosidad primaria y secundaria pueden producir errores significativos en la predicción usando este simple método.

En este trabajo se considera una metodología para encontrar relaciones y tendencias entre dos variables, determinando las regiones que tienen probabilidades fijas de que (X,Y) se localice en dicha zona. Estas regiones se determinan empleando una estimación de la función de densidad de (X,Y) y pueden ser utilizadas con fines predictivos o decisionales. Se presentan dos tipos de estimadores de densidad que son los histogramas desplazados promediados y los estimadores de kernel.

Basando en la metodología propuesta fueron analizados los datos de núcleos para las formaciones carbonatadas de México. Análisis realizados permitieron determinar factor de formación para matriz con porosidad primaria, estimar la porosidad de fracturas y vúgulos, y además, encontrar la relación entre la porosidad de fracturas y la permeabilidad. Esta relación coincide con suposiciones teóricas que se usan para los modelos de resistividad y permeabilidad de formaciones fracturadas.

GGP-22

ESTUDIO DE PROCEDENCIA DE TERRÍGENOS Y SU APLICACIÓN EN LA INTERPRETACIÓN DEL BASAMENTO CRISTALINO DE LAS CUENCAS DEL SURESTE

Jorge Jacobo Albarrán, Juan José Valencia Islas y Gloria Suárez
Ramírez

Gerencia de Geociencias, Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: jjacobo@imp.mx

La presente investigación tiene como objetivo presentar una hipótesis diferente a la interpretación que se ha realizado a una anomalía magnética de dirección N-S localizada en las Cuencas Petroleras del Sureste.

En el modelado de la cima del basamento magnético del área realizadas por el Instituto Mexicano del Petróleo se ha interpretado a esta anomalía como un alto de basamento que presenta una tendencia Norte-Sur con profundidades que varían de 6000 a 8000mbnm., la interpretación sísmica de esta zona revela que el basamento cristalino se localiza a profundidades de hasta 11000 mbnm.

No se tiene una correlación clara entre la morfología del basamento y las anomalías magnéticas. La referencia directa más cercana del basamento en esta área son las rocas de carácter esquistoso del Paleozoico que corto el Pozo Villa Allende-I y el pozo Cobo 301 que alcanzó granitos del carbonífero, hacia la región marina, donde se distribuye esta anomalía, no existen pozos que hayan cortado el basamento cristalino, por lo cual se realizaron estudios de procedencia de

terrígenos en muestras del Jurásico Superior de los núcleos cortados por los pozos Chac-Mool-I, Nix-I, Ek-Balam DL-3, los análisis petrográficos dieron como resultado dos fuentes principales: una, relacionada a un arco magmático disectado y, otra derivados del levantamiento de un bloque cratónico. Los análisis de elementos mayores revelan que la fuente de origen de estos terrígenos no corresponde con rocas de alta susceptibilidad magnética debido a sus bajos contenidos de FeO, MgO y altos valores de SiO₂.

La interpretación geológica que se propone para explicar esta anomalía con tendencia N-S, es la presencia de un cuerpo intrabasamental sublitosférico con una fuerte componente de magmas procedentes del manto de alta susceptibilidad magnética con alto contenido de ferromagnesianos. Las evidencias directas de la presencia de estos magmas afloran en el intrusivo de Santa Fé el cual está formado por andesitas basálticas de clinopiroxenos. La presencia de estos piroxenos cálcicos y alto contenido de magnetita, indican una fuente no solo de magmas orogénicos asociados a la subducción del pacífico sino tienen una fuerte componente magmática sublitosférica cuyo emplazamiento ha sido favorecido por la reactivación de fallas profundas asociadas a la deriva del bloque Yucatán, el movimiento del bloque continental, de las fallas del Istmo de Tehuantepec y del sistema Anegada-Los Tuxtlas.

GGP-23

MODELO SEDIMENTARIO DE LAS CALCARENITAS DEL EOCENO MEDIO PARA EL CAMPO KU-MALOOB-ZAAP, MÉXICO

Luis Juárez Aguilar, Citlalli Sarmiento López, Moises Medellín
Salgado y Jaime Ríos López

Zona Marina-Yacimientos, IMP

E-mail: luis_juarez@hotmail.com

Exploración y Producción, Región Marina Noreste, PEMEX

Las calcarenitas del Eoceno Medio representan una magnífica roca para la captación de hidrocarburo. Por lo que este tipo de roca es de gran interés económico. Algunos de los factores que aumenta o disminuye la porosidad y permeabilidad de las calcarenitas son la compactación, contenido de arcilla, y la disolución, principalmente.

El ambiente de formación de las calcarenitas es principalmente marino, variando desde plataforma lagunar hasta pie de talud, en donde la acción de las olas redondea los clastos de carbonato de calcio. Este tipo de depósitos se forman a lo largo de la línea de costa pero su distribución no necesariamente es homogénea, por lo que es común encontrarlos en formas lenticulares.

En el área de estudio las calcarenitas se caracterizan por tener una porosidad primaria de tipo intergranular que oscila entre el 9 al 28 %, de acuerdo a estudios realizados por dependencias como el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), CanPetro, CoreLab y Pemex Exploración y Producción (PEP). Quienes sugieren que su ambiente de formación fue

principalmente de plataforma lagunar consistiendo principalmente de grainstone, wackestone y packestone con fragmentos de equinodermos, miliólidos y moluscos, propios de este ambiente sedimentario. Lo anterior cual no coincide con el actual modelo sedimentario (abanico submarino de pie de talud); modelo que se ha manejado para este tipo de roca en el área de estudio. La definición del ambiente sedimentario es de vital importancia para el desarrollo del campo además de ser clave en la programación de los pozos de desarrollo y exploratorios. Por lo que en el presente trabajo se presenta un modelo sedimentario basado en las características petrográficas de las calcarenitas del Eoceno Medio Para el caso particular del campo Ku-Maloob-Zaap en la Sonda de Campeche.

GGP-24

FBF. UN PAQUETE DE CÓMPUTO PARA CONSTRUIR SECCIONES ESTRUCTURALES BALANCEADAS

Juan Contreras

Depto. de Geología, CICESE, Ensenada, B.C., México
E-mail: juanc@cicese.mx

El paquete de cómputo FBF permite simular en dos dimensiones deformaciones geológicas producto de fallamiento normal como inverso. El algoritmo usado por FBF conserva masa y por lo tanto puede ser utilizado para construir secciones estructurales balanceadas. El paquete consiste de una serie de programas modulares que corren en modo texto cuyo código fuente es independiente de la plataforma de cómputo. El paquete FBF consiste de un pre-procesador (fbfmesh), un procesador (fbfault), y un post-procesador (fbfplot). El pre-procesador genera mallas de puntos materiales que representan el estado inicial sin deformar de formaciones geológicas. El procesador realiza una simulación directa para calcular el estado deformado dislocado de los puntos materiales inducido por fallamiento. Finalmente, el post-procesador toma la salida de procesador fbffault y los pone a en un formato conveniente para ser graficados.

Estos programas son útiles para simular la deformación de áreas donde la carpeta sedimentaria se encuentra desprendida del basamento tectónico a lo largo de una zona de cizalla. El modelo de deformación consiste en un autómata celular que desplaza los nodos de una malla, que representa el medio sin deformar, de forma paralela a la traza de la falla. Dado que el autómata celular no distingue entre tipos de fallas es posible modelar la deformación tanto de áreas bajo acortamiento como extensión. Aún más, la salida de estos programas puede ser utilizada para modelar procesos geológicos más complejos como la evolución de cuencas sedimentarias. Estos modelos a su vez, pueden ser útiles en la evaluación de cuencas y en la exploración de hidrocarburos.

GGP-25

DEFORMACIÓN EN MIOCENO EN LAS CUENCAS DEL SURESTE DE MÉXICO

Gerardo Ronquillo J., Manuel Lozada y Solé Salgado O.
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: gronqui@imp.mx

El presente trabajo consistió en la delimitación de las estructuras mayores del Sureste de México. Estas investigaciones son con base en la interpretación de anomalías gravimétricas, de la interfaz corteza manto, sismicidad y mecanismos focales. Así mismo se realizó una comparación con las estructuras de superficie. Existen muchas controversias acerca del origen de deformación, ocurridas durante el Mioceno y muchos modelos son propuestos de la deformación de la cubierta sedimentaria y de la evolución de la litosfera. En el presente trabajo se analizan dos regiones una terrestre y otra marina, donde deduce que la parte terrestre, que algunas estructuras las cuales son interpretadas en la superficie se profundizan hasta la interfaz corteza manto. Las estructuras mas sobresalientes y que tienen importancia en este sector para exploración y caracterización de yacimientos petroleros son los Tuxtla, Sierra de Chiapas, Macizo de Chiapas y las cuencas sedimentarias de Veracruz, Comalcalco y Tlaxiaco. Las anteriores estructuras son bien delimitadas por las anomalías gravimétricas. Así mismo los eventos sísmicos recientes en esta región nos lleva a la conclusión que en las diferentes etapas de búsqueda y explotación y caracterización de yacimientos deben considerarse los aspectos Tectónicos y también los movimientos modernos (Neotectónicos).

Para la parte marina que corresponde la sonda de Campeche, donde los yacimientos principalmente están en rocas carbonatadas fracturadas, existen probables eventos sísmicos, que muestran posibles zonas activas (fallas activas), que deben ser investigadas, para su comprobación con seriedad (con sismología pasiva) para evaluar su impacto en la caracterización y explotación de los yacimientos de hidrocarburos en el presente y las consecuencias que pueden originar en el futuro.

GGP-26

APPLICATION OF 1D AND 2D MATCHING PURSUIT FOR ESTIMATION OF ATTRIBUTES AND SEISMIC DATA PROCESSING

Nikolai Kouzoub¹ and Gerardo Ronquillo-Jarillo²

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León

E-mail: nkouzoub@prodigy.net.mx

² Instituto Mexicano del Petróleo

Conventional model of seismic section is the model of impedance jump on boundary between two layers. Actually, as it can be observed on well-log, the function of impedance is much more complex, than simplified block model. It was proved that the function of impedance of depth is enough well

described by a multifractal, where impedance or its derivative have a singularity in each point. The more complex model of impedance is entered. It consists of a set of generalized transitions between "layers" each one is characterized by its regularity. The process of reflection is described by convolution of a seismic impulse with time-dependent reflection coefficient that results in fractional derivation or integration of the reflection impulse.

For estimation of regularity several approaches have been proposed, most interesting of them is the method based on the Matching Pursuit. The decomposition of a signal is made over elements (atoms) from some set (dictionary) of uniquely defined elements. The matching pursuit algorithm consists of subtraction from the decomposed signal that atom, which one has, at the given iteration, the greatest coherence with the signal, which has leaved out after the previous subtractions. In our work we have explored two versions of selection of base atom (prototype) for layout of the dictionary: a) analytical basic wavelet based on the 2-nd (or higher) derivative of the function of probability of Gauss-not adapted dictionary, and b) the prototype, retrieved from the seismic section itself-adapted dictionary.

Also, we propose a 2D matching pursuit. The spatial atoms that have, along with the temporary support, also limited spatial support are entered. Alongside with regular parameters-scale, regularity and direction-these atoms also are characterized by a dip (temporary shift between adjacent traces in fraction of sample interval). During decomposition whole seismic section is analyzed at once.

The presented outcomes display essential improvement of space correlation of atoms. Furthermore, in consideration one more additional attribute of a seismic section is entered- local angle of inclination of a reflecting boundary.

The atomic decomposition based on matching pursuit has a lot of practical applications, among them were investigated following:

- Denoising and estimation of uncorrelated noise dispersion.
- Data coding and compression.
- Increase of resolution of the seismic data.
- Impedance recovering.

The conducted researches allow proposing a technique of atomic decomposition based on one- and bidimensional matching pursuit for the solution of the following tasks:

- Increase vertical resolution of a seismic section,
- Identification of reflecting boundaries,
- Estimation of lithologic, petrophysics and collector properties of rocks.

GGP-27

DESARROLLO DE EQUIPO Y METODOLOGÍA DE MONITOREO DE CAMPOS GEOFÍSICOS

Nikolai Kouzoub¹, Cosme Pola S.¹ y Gerardo Ronquillo J.²

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León

E-mail: gronqui@imp.mx

² Instituto Mexicano del Petróleo

En los últimos años fueron desarrollados nuevos equipos en el monitoreo de campos geofísicos para estudios o investigaciones de escala global y regional: Los campos geofísicos pueden ser sísmicos en tiempo real, generados (por el yacimiento mismo, al inyectar fluidos al yacimiento, por la misma perforación o fuentes sísmicas especiales integradas a la barrena), mediciones del campo telúrico, observaciones geotérmicas, meteorológicas y oceanográficas. Para la escala local: deslizamientos y derrumbes, construcciones de túneles, asentamiento de construcciones grandes, contaminación y agotamiento de acuíferos, llenado de presas y perforación de pozos. Por lo anteriormente mencionado, el monitoreo de campos geofísicos son de gran importancia en la actualidad, en la solución de diferentes problemas como: heterogeneidad de señales originadas por diferentes campos físicos implica una gran diversidad de ellas, desde el punto de vista de sus rangos dinámicos y composiciones espectrales, gran cantidad de información de entrada debe ser debidamente procesada y almacenada y factores de costo, tamaño y consumo de energía deben ser tomados en cuenta.

En la solución de los problemas anteriores mostramos el desarrollo del prototipo de sistema de adquisición de datos, el cual puede aplicarse tanto para el monitoreo de campos geofísicos como para estudios geofísicos integrados. El prototipo se desarrolló con instrumentos basados en la plataforma PXI (extensión de PCI) con alto rendimiento, modularidad, facilidad de modificar, actualizar y ampliar el desarrollo de aplicaciones mediante un ambiente gráfico de LabView y creación de instrumentos virtuales.

La estructura general del módulo de adquisición es con tarjetas multifuncionales conectadas al mainframe con interfase PXI, se conecta el controlador AMD-266, Interfase SCSI Fast Ethernet, pantalla, teclado y CD ROM. Se concluye que las pruebas del equipo que se realizaron, en condiciones de campo demostraron su utilidad para los objetivos trazados.

GGP-28

MODELIZACIÓN DE LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA Y TÉRMICA DE LA PLATAFORMA DE CÓRDOBA, MÉXICO

Salvador Ortuño Arzate

Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: sortuno@www.imp.mx

Este estudio se enfoca a la historia de la deformación tectónica de la serie sedimentaria carbonatada de la Plataforma de Córdoba, desde su sector norte hasta su culminación en la

Sierra de Juárez. Durante esta evolución se conformó el Frente Tectónico Sepultado, el cual constituye una importante provincia productora de hidrocarburos en el borde oriental de la Plataforma. Las etapas metodológicas de este estudio son las siguientes: la construcción de secciones estructurales y su restauración, el estudio diagenético y la modelización cinemática (forward), de la historia térmica y de la maduración de la materia orgánica.

Los resultados principales de este estudio integral relacionan la evolución de la matriz de la roca almacén respecto a los sistemas de fracturamiento y de estilolización, en el marco de la evolución de los sistemas petroleros involucrados.

Con relación a los sistemas petroleros del área, las rocas generadoras potenciales se localizan principalmente a lo largo del margen oriental de la Plataforma de Córdoba y en la Cuenca de Veracruz. La ventana de generación es alcanzada después de la deformación tectónica compresiva que conformó las estructuras de la plataforma durante el Cretácico Tardío-Eoceno, por lo que la migración de hidrocarburos ocurre desde la Cuenca de Veracruz hacia el Oeste y en forma ascendente, hasta cargar las estructuras conformadas en el Frente Tectónico Sepultado. Esta migración tiene lugar mucho tiempo después de las fases de deformación tectónica compresiva.

GGP-29

PROVINCIAS FISIGRAFICAS MARINAS RECIENTES, SU RELACIÓN CON LA TECTÓNICA SALINA Y PRESENCIA DE HODROCARBUROS, EN EL SUROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

Araujo Mendieta Juan^{1,2}, J. Eduardo Aguayo Camargo³, Mario A. Gutiérrez E.³ y J. Hector Sandoval O.³

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: jaraujo@www.imp.mx

² Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

³ Facultad de Ingeniería, UNAM

El Golfo de México comprende a un conjunto de provincias y subprovincias fisiográficas que son consecuencia de su origen y evolución a partir del Triásico Superior; de la carga litostática subsidente que cubrió a la zona distensiva basamental ("rift") que originó a la cuenca marina; de la presencia de extensos depósitos de sal precipitada durante el Jurásico Medio y que se movilizó diapíricamente desde el Terciario, a través de la columna estratigráfica del subsuelo hasta aflorar en el fondo marino actual.

En la superficie de la plataforma continental, es evidente la presencia de rasgos fisiográficos del Cuaternario, caracterizados por terrazas escalonadas de origen eustático, como productos de la erosión o el depósito sedimentario en antiguas franjas costeras y litorales. Los rasgos geomorfológicos debidos a erosión subaérea, depósitos fluvio-deltáicos y por corrientes marinas, están presentes a diferentes profundidades como, canales y valles erosivos, depósitos

sedimentarios en forma de bancos, rellenos y bordes de canales, barras y lóbulos, orientados en forma paralela y transversalmente a la franja costera, y como abanicos de talud en la terraza abisal, al pie de la plataforma continental; todos estos rasgos fisiográficos están presentes en la región de estudio.

La actividad de la tectónica salina es muy intensa, lo que es evidente por las irregularidades de la superficie del fondo oceánico, que son consecuencia de numerosos diapiros de sal que están intrusionando a la columna estratigráfica y que afloran en la superficie del fondo marino, lo que se observa en los mapas batimétricos y en los perfiles hidroacústicos del piso marino y del subsuelo somero. La provincia petrolera en la región, principalmente se localiza en las fosas y pilares tectónicos asociados con litofacies terrígenas y calcáreas, cuyos espesores son de más de 10 kilómetros, y se asocian comúnmente a diapiros de sal. Estos sistemas tectónicos y estratigráficos, comprenden al prisma acrecional del Terciario y del Cuaternario del margen continental de las cuencas del Sureste de México, que se extienden desde el sur, en el frente norte de la Sierra de Chiapas, y hacia el norte, en la planicie costera marina, en el Golfo de México. En esta porción marina, el límite norte del prisma acrecional, corresponde al frente sur de la proyección superficial del manto superior en el subsuelo profundo, emplazado estimativamente entre 15 y 16 kilómetros bajo el nivel del mar; éste mismo, en el fondo oceánico, se manifiesta con la geomorfología circular y grumosa de los diapiros salinos y con la distribución de los sedimentos del piso marino, formando lentes y lóbulos, cóncavos hacia el norte, que siguen, a la vez, la trayectoria del frente norte del prisma acrecional continental.

GGP-30

METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE BLOQUE, POROSIDAD DE MATRIZ, FRACTURAS Y VÚGULOS EN ROCAS COMPLEJAS DE YACIMIENTOS, A PARTIR DE REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZO CONVENCIONALES

Mercado-Díaz A., Samaniego-Verduzco F., Pérez-Rosales C. y Mercado-Díaz R.

Dirección Ejecutiva de Exploración y Producción, IMP

E-mail: amercado@imp.mx

Se presenta una expresión novedosa que relaciona el factor de resistividad con las porosidades de matriz, fractura y vugular, a partir de idealizar una roca compleja como un arreglo asimétrico con perforaciones en sus caras de tamaños diferentes de geometría hemisférica, que van desde la magnitud del poro de matriz hasta la representación de cavernas, lo cual permite cuantificar la porosidad de matriz, fractura y de vugulo en rocas complejas de yacimientos.

Considerando que la corriente eléctrica viaja esencialmente por las fracturas, vugulos y poros de la matriz que están en línea al campo eléctrico, el sistema se reduce a una

representación de un circuito de resistencias en paralelo de igual magnitud, donde la resistencia representa la oposición al paso de la corriente eléctrica de las fracturas, vugulos y poros de la matriz. Su capacidad de oponerse al flujo de corriente eléctrica de cada una de las resistencias que constituyen el sistema dependerá de la proporción del tamaño de los poros y vugulos en la matriz con respecto al tamaño de bloque (largo de la fractura). Así, al proponer la metodología se considera las hipótesis hechas para que al contar con datos de pozo de la porosidad total de la formación, la resistividad de la formación y del lodo se obtenga la porosidad de matriz, fractura y de vugulo.

El comportamiento de la formación indica que en algunas partes de la formación estudiada la porosidad de fractura es mayor que la porosidad de matriz y viceversa. Además el tamaño de bloque o largo de la fractura está entre 1 y 4 pies de largo en el intervalo productivo.

GGP-31

CRACK AND VUGGY POROSITY USING ACOUSTIC DATA

E. Kazatchenko and M. Markov
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: mmarkov@imp.mx

The evaluation of feasibility to determine the crack or vuggy porosity of carbonate rocks using acoustic data was studied. We carried out the analysis of experimental data and used effective medium approximation (EMA) to obtain P- and S-wave velocities as the functions of primary and secondary porosity taking into account different aspects ratios for pores, cracks and vugs. We propose an algorithm of data processing for secondary porosity determination.

The analysis of the experimental data has shown that the P- and S-waves velocities depend on the type of secondary porosity. So, describing the relations of V_p and V_s with porosity for the porous matrix, we can evaluate quantitatively the secondary porosity volume through the deviations of the measured velocities from the ones obtained previously.

To calculate the elastic moduli and P- and S-wave velocities of carbonate formations with secondary porosity we chose EMA model because it does not have limitations on the total pore concentration, on the inclusions' forms, and because this model can describe multicomponent media (mineralogical composition and different inclusions as pore system). We proved that EMA model with unimodal distribution of the aspect ratio could be applied to describe the elastic moduli of the consolidated sedimentary rocks with a high degree of accuracy. EMA model was verified using published experimental data for the porous rocks (one pore system) such as dry and saturated sandstone, clay sandstone and dolomite and saturated clay sandstone (two pore system).

The obtained results show that the difference between elastic moduli for formations with one pore system and formations with the secondary porosity exists and depends on the value of crack or vuggy porosity. So, using this model, we have a chance to determine the volume of secondary porosity.

Some examples of secondary porosity determination using acoustic log data are presented.

GGP-32

DELIMITACION DE ESTRUCTURAS SALINAS DEL PROBABLE MIOCENO UTILIZANDO TECNICAS DE MIGRACION EN EL AREA MARBELLA, PORCION CENTRAL DE LA CUENCA SALINA DEL ISTMO, MEXICO

León Ramírez Alejandra y Téllez Flores René Alejandro
Exploración y Producción, Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: aleon@imp.mx

La delimitación de estructuras salinas del Mioceno en el sureste de México, ha tenido una gran perspectiva en la exploración petrolera en los últimos 10 años, para reconocer áreas con gran potencial petrolero (plays), siendo la sismología una herramienta importante para lograr esta caracterización y evaluación de estructuras asociadas a la sal.

En el presente trabajo se utilizó la técnica de procesamiento de información sísmica 2D especialmente con la aplicación del algoritmo de migración en tiempo por "Diferencias Finitas". Este algoritmo se aplicó a cuatro líneas sísmicas 2D, localizadas en el área Marbella, al noreste de Coatzacoalcos, Veracruz, para delimitar cuerpos salinos y tiene la ventaja de que no consume grandes recursos económicos de procesamiento geofísico, es rápido y eficaz debido a que permite un campo de velocidades con variaciones laterales y horizontales.

La calidad de la información obtenida después del reprocesamiento de los datos permitió mostrar una mejor continuidad de los eventos entre 0.5 y 5.0 segundos, por lo que se obtuvo una mejor calidad de la respuesta sísmica del material analizado, que permitió inferir con mayor certidumbre la cima y la base de las estructuras salinas, además de otras estructuras en la zona originada por la evacuación de la sal y el movimiento de esta hacia otras partes dentro de la misma sección sísmica.

Tomando en cuenta los resultados de un estudio gravimétrico y magnetométrico realizado en el área de estudio, se interpretaron ocho canopies localizados entre los 1500 a 5000 metros de profundidad, intercalados en la secuencia de rocas del Mioceno, reconociendo además la presencia de sal soldada "salt weld" asociadas a una cuenca de evacuación asimétrica y una zona de erosión.

Por lo anterior se establece que el campo de velocidades utilizado en el algoritmo de migración en tiempo, resultó una herramienta muy útil para mejorar la resolución de la

información sísmica, que además sirvió para confirmar la presencia de los cuerpos salinos siguiendo los valores típicos de la sal, confirmando que una correcta manipulación de las velocidades y una buena calidad obtenida en la imagen sísmica permiten mejorar el resultado del procesamiento 2D en áreas de geología compleja y por consiguiente el de obtener una adecuada interpretación geológica.

GGP-33

APLICACIÓN DE LA GEOMETRÍA FRACTAL A LA RECONSTRUCCIÓN DE REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZO

R.D. Arizabalo, M. Lozada Z., G. Ronquillo J. y J.H. Flores
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: rarizaba@imp.mx

Los registros geofísicos de pozo y las distribuciones petrofísicas de los medios porosos siguen la estadística fractal. Dicha estadística permite obtener en principio la reconstrucción de las diversas curvas observadas por recuperación de la arquitectura aleatoria de las mismas. Contribuye con la evaluación de las características del yacimiento y la subdivisión local de las unidades de producción. Obtenemos la reconstrucción de las trazas de porosidad, rayos gamma y resistividad observados en los registros de un pozo del Campo Cantarell, en un yacimiento carbonatado naturalmente fracturado en el sureste del Golfo de México. Proponemos que dicha reconstrucción reflejará la estructura de las variaciones locales presentes en las trazas de los registros y compensará, además, los errores circunstanciales de operación y efectuará la corrección por el alisado presente en los registros, por el efecto del movimiento vertical de la herramienta de medida. Los registros virtuales o pseudo-registros se generaron aplicando los conceptos geoestadísticos y de geometría fractal, particularmente mediante la generación de fractales aleatorios por el método de adiciones aleatorias sucesivas. Los registros de pozo, que son fractales aleatorios, se modelaron, como trazas de movimiento Browniano fraccional (fBm). El algoritmo generador este tipo de fractales, divide recursivamente el intervalo entre datos, interpolando valores linealmente en el punto medio de cada intervalo. Los registros estudiados fueron los de rayos gamma (GR), porosidad neutrón (NPHI) y laterolog profundo (LLD). El análisis fractal consistió en encontrar el coeficiente de Hurst, H (codimensión fractal) que es una medida de la rugosidad de la traza, mediante el método de rango reescalado (R/S) y en un paso posterior, la restitución de la arquitectura aleatoria del registro, como una situación previa a generar pseudosecciones de distribución de parámetros petrofísicos entre los pozos observados en una fase de caracterización del yacimiento, permite contribuir con la evaluación de las características del yacimiento y su subdivisión local de las unidades de producción.

GGP-34

CLUSTER LINUX Y SISTEMA DE BASE DE DATOS EN LA CARACTERIZACIÓN DE YACIMIENTOS

Gerardo Ronquillo Jarillo¹, Nikolai Kouzoub² y Manuel Lozada Z.¹

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: gronqui@imp.mx

² Universidad Autónoma de Nuevo León

Hoy en día las PCs se han vuelto más potentes con costos más bajos. Como resultado las PCs en red son más poderosas que las clásicas estaciones de trabajo y otros sistemas. Además, en los últimos años, el sistema operacional Linux (Unix para PCs) se ha vuelto extremadamente estable y poderoso, con la ventaja que es libre y disponible gratuitamente en la Red. Así mismo, actualmente existe gran variedad de software comercial en Linux para Cluster tanto para procesamiento sísmico, interpretación sísmica, base de datos Oracle Linux, Grafismo AVS, Compiladores potentes etc. Por otro lado, para superar los requerimientos de calculo masivo, Universidades e Institutos de investigación, así como compañías, están interesados en comunicaciones de mensajes entre PCs para simular una super-computadora. Por lo anterior en el proyecto D.1341. del programa YNF del IMP, se desarrollo un sistema integral de procesamiento de memoria distribuida basado en procesadores AMD Athlon 1GHz (24nodos), con capacidad de ampliación de 48 nodos o más. Con 12 Gbytes de RAM de memoria, espacio en disco disponible de 480 Gigabytes en IDE y 72 Gigabytes SCSI en el servidor.

En el Cluster-Linux se integro el sistema FIRESYS (desarrollado en IMP, en forma comercial) de base de datos modular de: 1) Física de Rocas; 2) Registros de pozo y 3) Sísmica de yacimientos. Con la finalidad de emplearse en la caracterización estática de yacimientos fracturados. La base de datos es relacional con programas de multi-escalamiento (utiliza la transformada ondicular continua para el análisis de datos de registros de pozo) y estimación de parámetros petrofísicos (estos consideran acústico, elástico, viscoelástico y poroelástico de datos de laboratorio y registro geofísicos de pozo), entre otros. Así mismo la carga de datos es automática tanto en forma cuantitativa como cualitativa.

Este desarrollo tecnológico de base de datos es la primera en México en sistema Linux en forma integral y modular en la caracterización de yacimientos.

Por lo que podemos concluir, que este tipo de herramienta integrada Cluster-Software-sistema de base de datos, es de gran importancia en la caracterización de yacimientos por sus bajos costos de mantenimiento, calculo masivo (modelado sísmico) entre otros.

GGP-35

EVOLUCIÓN DE LA SUBSIDENCIA DE 8 POZOS EN EL NORESTE DE LA SONDA DE CAMPECHE (DATOS COMPLEMENTARIOS)

Mandujano Velasquez J.¹ y Duncan Keppie J.²¹ Dirección Ejecutiva de Exploración y Producción, IMP

E-mail: jmanduja@www.imp.mx

² Instituto de Geología, UNAM

Dentro de la evolución de un estudio se van incorporando datos adicionales, los cuales nos permiten tener mayor veracidad de los resultados, dejando lo aleatorio a un lado desde el punto de vista de cantidad, calidad y distribución de los datos a partir de los cuales se realizan los análisis

El objetivo de este trabajo es el de analizar la historia de la subsidencia de ocho pozos adicionales a los 19 presentados en un trabajo anterior para dar un total de 27.

El área de estudio se encuentra ubicada en el Golfo de México, dentro de las curvas batimétricas 0-200 m, hacia la porción nororiental marina de la Isla del Carmen, Campeche, en el borde occidental de la Península de Yucatán, lo que en este trabajo se denomina Noreste de la Sonda de Campeche.

En este trabajo se enmarcan los parámetros que se toman en cuenta para el modelado, iniciando con el cambio de espesores debido a cambios en los límites bioestratigráficos del Mioceno Inferior al Reciente, también se menciona la paleobatimetría, que es otro parámetro actualizado, así como el eustatismo. Factores que tendrán relación directa y en algunas ocasiones de estos dependerá otros parámetros adicionales como lo sería la evolución de los valores del flujo de calor el cual es el parámetro fundamental al momento de analizar los tipos de materia orgánica y se desee ver aspectos como edades de generación, saturación y expulsión de los hidrocarburos, dentro del fenómeno de migración de los mismos.

Al cambiar los límites cronoestratigráficos del Mioceno Inferior al Reciente, obviamente cambian los espesores para este mismo rango de edad, y de esta forma se tienen diferentes implicaciones de subsidencia, tectonismo, sedimentológicas como la procedencia, etc. De esta forma, se presentan los espesores de todos los niveles cronoestratigráficos de los 27 pozos como punto de partida, de lo que hasta ahora se han contemplado estudiar en el área de estudio.

Como sabemos la batimetría es uno de los parámetros utilizados para el modelado de la subsidencia, y por lo tanto juega un papel importante dentro de los mecanismos que originaron la evolución geodinámica del área de estudio. De hecho para ambientes profundos, la paleobatimetría es el tendón de Aquiles dentro del modelado de la subsidencia.

Cabe hacer la aclaración de que la evolución de la paleobatimetría en cada uno de los pozos se obtuvo a partir de la evolución de los ambientes de depósito, considerándola de

esta forma como valores preliminares, los cuales se deberán ajustar conjuntamente con la sísmica y que de esta forma nos permita establecer la magnitud de los valores para cada unidad de forma más exacta.

Uno de los parámetros que se utilizan en el modelado de la subsidencia, corresponde a la variación del nivel del mar con respecto a un nivel de referencia, a lo largo del tiempo geológico y este es denominado eustatismo. Analizando la tabla de variación de los niveles del mar a lo largo del tiempo geológico, se obtuvieron los valores para el modelado de la subsidencia.

Dentro de los resultados que se obtuvieron, se puede comentar que las conclusiones a las que se había llegado no varían substancialmente, es más, confirman los resultados que se habían obtenido.

GGP-36

ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA ENERGÍA Y LOS ENERGÉTICOS EN MÉXICO

José María Chávez Aguirre y Juan Sánchez Pérez

Subgerencia de Exploración Geológica y Geofísica, CFE

E-mail: jose.chavez@cfe.gob.mx

Considerando la situación actual y las perspectivas a corto plazo del uso de los energéticos en México, se plantea la necesidad de desarrollar las fuentes alternas de energía que, desde los últimos años del siglo pasado, han recibido un gran apoyo en otros países. En México todo parece indicar que no habrá problemas en cuanto a abasto de energéticos, por lo menos durante los próximos cincuenta años, ya que las reservas de hidrocarburos son suficientes para responder a nuestras necesidades y a las de algunos vecinos. Sin embargo, el petróleo no es solamente un generador de energía eléctrica y su derroche conducirá a la pérdida de materiales de uso común como los plásticos y de combustibles como las gasolinas. En la medida en que los precios internacionales del petróleo aumentan, el interés por las fuentes alternas se incrementa y a la inversa. Durante estos vaivenes de los mercados financieros la energía solar y la eólica se desarrollan y multiplican sus bondades y usos. Actualmente no es extraño encontrar comunidades rurales en África, Asia o América Latina que cubren sus necesidades de electricidad o de extracción de agua por bombeo mediante celdas fotovoltaicas o turbinas eólicas, las cuales se han reducido tanto en tamaño como en costo en los últimos veinte años.

Otras fuentes convencionales de energía, que aligeran la carga de los hidrocarburos en México, limitan su participación a la disponibilidad de recursos, entre ellas se incluyen la hidráulica, el carbón, la geotermia y la nuclear, que requieren estudios geológico-geotécnicos muy especializados para su óptimo aprovechamiento. Las centrales hidroeléctricas como Aguamilpa, Zimapán o Chicoasén, por citar algunas,

requirieron de varios años de estudios previos a su construcción y de la participación de profesionistas con un alto nivel de preparación técnica.

Desgraciadamente, las posibilidades de cubrir el cien por ciento de nuestra demanda de energía con estas fuentes y reducir la dependencia del petróleo son limitadas, pero se pueden complementar con las fuentes alternas que ya son una realidad en otros países como Francia, que utiliza principalmente la energía nuclear y tiende a desarrollar la solar como apoyo a la hidráulica ante la creciente preocupación por los desechos nucleares, mientras Brasil coquetea con el átomo y el petróleo ya que no tiene otras alternativas para las épocas de sequía, que reducen su producción a base de hidroeléctricas.

Al igual que esos países, México tiene una marcada preferencia por un energético, pero deberá tomar en cuenta las advertencias que recibe constantemente y que le aconsejan reducir su dependencia de los hidrocarburos, aprovechando en forma más agresiva las otras opciones, así como su combinación.

GGP-37

INVERSION ESTRUCTURAL, UN NUEVO CONCEPTO SOBRE LA EVOLUCION DE LA CUENCA DE MACUSPANA Y SUS IMPLICACIONES EN LA ACUMULACION DE HIDROCARBUROS

Enrique Guzmán Vera y Mario Aranda García
Activos de Exploración Macuspana y Misantla Golfo de México,
PEMEX
E-mail: e_guzman_v@hotmail.com

La cuenca de Macuspana se ubica en el sureste de México, dentro de la provincia geológica Cuencas Terciarias del Sureste y cubre un área de 7300km² costa adentro y aproximadamente 1800km² costa afuera. Limita al este con la plataforma de Yucatán, al oeste con el pilar Akal-Reforma, al sur con la Sierra de Chiapas y al norte se interna en el Golfo de México. El área de estudio, geográficamente se localiza a 49km al S85°E de Villahermosa, Tabasco y geológicamente se encuentra en la porción sur de la cuenca. Cuenta con una producción acumulada de 3779MMMP de gas y 10.1MMb de aceite, dividida entre los campos José Colomo, Chilapilla, Cafeto, Vernet, Fortuna Nacional y Macuspana, de los cuales el primero es considerado campo gigante. Estos campos, almacenan los hidrocarburos en arenas deltaicas (provenientes de la Sierra de Chiapas) de edad Mioceno Superior-Pleistoceno, las cuales en su mayoría cuentan con un buen espesor de roca sello, a excepción de los yacimientos de edad Pleistoceno.

Los campos se ubican en trends oblicuos de dirección NE-SW, los cuales están caracterizados por anticlinales en su mayoría largos y apretados que están muy cercanos a las fallas que originalmente fueron lístricas de crecimiento, así como amplios sinclinales, ambos originados por inversión estructural.

Comunmente se puede observar intrusiones de arcilla (de mayor magnitud que la original en los rollovers) sobrepresurizada, por debajo de las fallas originalmente lístricas de crecimiento.

Se considera que la cuenca de Macuspana presenta dos inversiones estructurales; la primera a finales del Mioceno Medio ó inicios del Mioceno Superior, y la segunda, desde el Plioceno medio y probablemente hasta el Pleistoceno. Mediante el empleo de líneas regionales a rumbo de echado por casi toda la cuenca (a excepción de la porción norte), se estableció que el modelo de inversión estructural es aplicable en muchos lugares de la misma.

El estudio solo consideró a las rocas de edad Neógena. En general, se considera que la porción sur de la cuenca de Macuspana ha evolucionado durante el Neógeno de la siguiente manera: 1a) Sistema de expansión, con la generación de fallas normales y lístricas de crecimiento durante el Mioceno Inferior?-Mioceno Medio, 1b) Inversión estructural a fines del Mioceno Medio y/o inicios del Mioceno Superior, 2a) Sistema de expansión durante el Mioceno Superior e inicios del Plioceno Inferior, con la generación de fallas de crecimiento con caída hacia NW, 2b) Etapa de nivelación a finales del Plioceno Inferior, 2c) Inicio de la generación de fallas de crecimiento en el oeste de la cuenca con caída hacia el SE y desplazamiento de arcilla asociado, simultáneamente, inicia la inversión estructural por contracción en la cuenca, generando reactivación en sentido contrario de las fallas de crecimiento de edad Mioceno Superior-Plioceno Inferior, anticlinales apretados contra las mismas, grandes sinclinales, anticlinales en la parte central de la cuenca y estructuras del tipo "pop-up" asociadas a ellos, y lo más importante, la generación de las mejores trampas para la acumulación de hidrocarburos con que cuenta la cuenca.

GGP-38

IMPLICACIONES TECTONICAS Y ECONOMICAS DEL DESCUBRIMIENTO DE GAS EN LA DISCORDANCIA CRETÁCICO MEDIO-MIOCENO INFERIOR DEL ATOLÓN DE LA FAJA DE ORO MARINA EN EL MODELO DE LA TRIPLE UNION PARA EL ORIGEN DEL GOLFO DE MÉXICO

Jaime Rueda-Gaxiola
Unidad de Ciencias de la Tierra, ESIA, IPN
E-mail: jaimerueda@compuserve.com.mx

El reciente descubrimiento de gas en dos pozos perforados en la Faja de Oro Marina es un acontecimiento de gran importancia para la economía de nuestro país, ya que permite renovar el interés productor de hidrocarburos de la Zona Norte. Por otra parte, este hallazgo facilita la comprobación de la hipótesis emitida entre 1993 y 2001 por Rueda-Gaxiola, J., acerca del gran potencial petrolero que tienen algunas regiones submarinas relacionadas con el Modelo de la Triple Unión para el Origen del Golfo de México.

Con base en este modelo, durante el Triásico Tardío y Liásico Temprano, el Sur del Continente Norteamericano estuvo unido a la Pangea e inclinado hacia el W, ya que las aguas marinas eran de afinidad Pacífica. Durante el Liásico Tardío-Jurásico Medio, se originó la Triple Unión que permitió la formación del Golfo de México y se comunicaron las aguas pacíficas con las tethisianas por medio del Portal del Balsas. Durante el Cretácico Medio se efectuó la máxima transgresión marina tethisiana sobre el continente que estaba en una posición casi horizontal, con bloques subsidentes, tal como lo confirman los principales arrecifes desarrollados en las recientemente formadas plataformas alrededor del Golfo.

Uno de éstos es el Atolón de la Faja de Oro, que en su parte occidental ("continental") fue el principal productor de petróleo de la Cuenca de Tampico-Misantla y que, con base en el Modelo de la Triple Unión, estaba limitado al E por la Falla Nautla-Pico de Orizaba (Rueda-Gaxiola, J., 1999). Esta falla es el límite W del "rift" que permitió la formación del piso marino al desplazarse hacia el NW los bloques de México y Texas, mientras que el bloque de Chiapas-Tabasco-Yucatán permanecía estático. Del Cretácico Tardío al Mioceno Temprano, este atolón estuvo expuesto a la erosión (Gómez-Ponce, M., 1969) debido a que el continente se elevó en el W y el mar se retiró hacia el Golfo y posteriormente el atolón se hundió y basculó hacia el E y S (Gómez-Ponce, A y Gómez-Ponce, M., 1978) debido a que se tuvo el ajuste térmico subsidente al inactivarse paulatinamente el proceso de "drifting". A partir del Mioceno Temprano el atolón fue cubierto por las potentes secuencias terrígenas terciarias producidas por la erosión continental de las regiones que se encontraban en un proceso de epeirogénesis (al W) y orogénesis (al E). En las zonas más profundas, estas secuencias produjeron hidrocarburos que migraron hacia el continente y se alojaron al W y N del atolón, en las rocas porosas y permeables del arrecife (petróleo) y de la parte superior a la discordancia (gas). Las condiciones de generación y migración pueden deducirse del modelo de la Triple Unión propuesto.

GGP-39 CARTEL

INTEGRACIÓN DE INFORMES Y PRESENTACIONES GEOLÓGICAS INTERACTIVAS

Agustín Ruiz Violante
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: Aruizv@imp.mx

Se expone un ejemplo de cómo pueden hacerse presentaciones e integrarse informes en formato digital, con la posibilidad de que el usuario obtenga la impresión de los documentos.

Esta manera de presentar los informes o de elaborar presentaciones, utiliza los diferentes lenguajes usados en INTERNET, tales como html, java, javascript, etc. Quien los consulta puede navegar en ellos como si estuviera en la www y además le permiten obtener los documentos impresos o en sus diferentes formatos digitales.

Esta forma de elaborar informes y presentaciones permite visualizarlos en cualquier PC que tenga un programa navegador para INTERNET, y los hace atractivos, interactivos, intuitivos y amigables con el usuario.

Sesión

Geomagnetismo y Paleomagnetismo

Lunes 4

SALA E

GEOMAG-01

VARIACIÓN PALEOSECULAR ANORMALMENTE BAJA DEL CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE DURANTE EL MIOCENO TARDÍO: EL CASO DE SECUENCIAS VOLCÁNICAS DE MÉXICO CENTRAL Y OCCIDENTAL

Gogichaishvili Avto¹, Alva Valdivia Luis¹, Rosas Elguera Jose², Juan Morales¹ y Urrutia Fucugauchi Jaime¹

¹ Depto. de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: avto@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad de Guadalajara

Muestreamos 82 flujos de lava del Mioceno tardío en la parte central y occidental de la Faja Volcánica Trans-mexicana (FVTM). La edad de las unidades volcánicas se encuentra entre los 8 y los 9 Ma, de acuerdo a datos radiométricos disponibles. Todas las muestras fueron desmagnetizadas por pasos; una parte por campos alternos variables y la otra térmicamente, obteniendo resultados muy similares. La mayoría de las muestras exhibieron magnetizaciones remanentes con una sola componente bien definida de alta temperatura de desbloqueo (por arriba de los 525°C) y campos destructivos medios altos (40-60 mT). Los experimentos de magnetismo de rocas junto con observaciones microscópicas muestran que, en la mayoría de los casos, el principal mineral magnético es la titanomagnetita pobre en Ti. Mediciones continuas con la temperatura de la susceptibilidad magnética y experimentos de histéresis magnética dieron en la mayoría de los casos curvas casi reversibles con puntos de Curie cercanos a aquellos de las magnetitas PSD. Todas las magnetizaciones remanentes características asiladas después de los primeros pasos de desmagnetización son de polaridad normal. De acuerdo a la dispersión en las direcciones de los polos geomagnéticos virtuales, la variación paleosecular fue anormalmente mas baja que aquella observada en general durante el Mioceno. Considerando nuestros resultados paleomagnéticos junto con los datos radiométricos disponibles, pareciera que las unidades volcánicas hubieran sido emplazadas durante un tiempo muy corto de alrededor de 0.8 Ma. Las direcciones paleomagnéticas medias obtenidas en este estudio no difieren significativamente de aquellas esperadas para el Mioceno medio. 85 muestras de 18 flujos individuales dieron estimaciones de paleointensidades aceptables. Las paleointensidades medias por sitio varían entre 27.8 ± 0.9 y 42.0 ± 7.9 mT. Los momentos dipolares virtuales (VDM, por sus siglas en ingles) varían entre 5.9 y 9.5×10^{22} Am². Esto corresponde a un valor medio de $7.6 \pm 1.4 \times 10^{22}$ Am², el cual es mayor que el valor promedio del VDM para el Mioceno tardío. Asimismo, nuestros datos sugieren la existencia de una intensidad de campo relativamente alta experimentando pequeñas fluctuaciones. Lo anterior apoya la sugerencia teórica acerca de la relación inversa entre variación secular e intensidad de campo local como resultado del acoplamiento electromagnético entre el núcleo interno sólido y el núcleo externo líquido, donde el primero tiende a estabilizar las convecciones del segundo, y por tanto al campo magnético cuando la intensidad es alta. Algunas fluctuaciones

de la paleointensidad absoluta fueron detectadas dentro del mismo grupo direccional, indicando que la intensidad del campo geomagnético varia mas rápido que su dirección.

GEOMAG-02

CONFIABILIDAD DEL MÉTODO DE THELLIER: DEPENDENCIA CON LA INTENSIDAD DEL CAMPO DE LABORATORIO

Juan Morales, Avto Gogichaishvili y José Antonio González
Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: jmorales@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

Magnetizaciones termorremanentes artificiales en muestras naturales fueron utilizadas a fin de verificar la confiabilidad del método de Thellier para estimar paleointensidades y para dar una indicación de la exactitud de sus estimaciones. Para ello se indujo una magnetización termorremanente total en 24 muestras volcánicas en un campo de laboratorio de 40 μ T, la cual fue tratada como una Magnetización Natural Remanente (MNR) en los experimentos de Thellier. Las muestras se dividieron en tres juegos y se efectuaron los experimentos de paleointensidad correspondientes utilizando 20, 40 y 60 μ T como campo de laboratorio, respectivamente. De los resultados obtenidos se observa que las estimaciones de la intensidad reproducen bastante bien el valor de campo esperado en un amplio rango de campos de laboratorio. Se observa también que los errores experimentales son mayores cuando las magnitudes del campo "antiguo" y de laboratorio son muy diferentes entre si.

GEOMAG-03

PALEOINTENSIDADES UTILIZANDO MICROONDAS: LAVAS DEL XITLE, FRAGMENTOS DE CERAMICA Y SEDIMENTOS RECALENTADOS

Harald Böhnell, Derek Walton y John Shaw

Centro de Geociencias, UNAM

E-mail: hboehnell@geociencias.unam.mx

McMaster, Canada

Liverpool, UK

Experimentos de paleointensidad en rocas del Xitle (cuenca de México) utilizando el metodo tradicional de Thellier-Coe dieron como resultado valores con gran dispersion. Esto fue algo inesperado en vista de las propiedades magneticas de esta roca, que mas bien sugeria experimentos exitosos. Se analizaron muestras de los mismos nucleo aplicando el metodo de microondas. Estos experimentos arrojaron resultados con mucho menor dispersion y de mucho mejor calidad. Tambien se investigaron muestras de ceramica, que se encuentran frecuentemente en el contacto entre la lava y los sedimentos lacustres subyacentes, y ademas los sedimentos profundamente recalentados tambien. Los datos de los diferentes materiales resultaron en paleointensidades coincidentes. Esto es otra prueba de la superioridad del metodo de paleointensidades aplicando microondas.

GEOMAG-04

**PALEOINTENSIDAD ABSOLUTA DEL CAMPO
MAGNÉTICO DE LA TIERRA DURANTE EL JURÁSICO:
EL CASO DE LA FORMACIÓN LA NEGRA (NORTE DE
CHILE)**

Juan Morales, Avto Gogichaishvili, Luis M. Alva-Valdivia y Jaime
Urrutia-Fucugauchi
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: jmorales@tonatihu.igeofcu.unam.mx

Se llevó al cabo un estudio detallado de magnetismo de rocas y paleointensidades de una sucesión volcánica de ~187 Ma en el norte de Chile. De un total de 32 flujos de lava consecutivos, en la localidad de Tocopilla, se obtuvieron alrededor de 270 núcleos paleomagnéticos estándares. De estos, 26 muestras con mineralogía magnética primaria aparentemente bien preservada y sin magnetizaciones secundarias fueron preseleccionados para determinaciones de paleointensidad por el método de Thellier. Solo 11 muestras provenientes de 4 flujos dieron estimaciones de paleointensidad confiables. El momento dipolar virtual (VDM) medio de los flujos varía entre $(3.7 \pm 0.9 \text{ y } 7.1 \pm 5.5) \times 10^{22} \text{ Am}^2$. Lo anterior corresponde a un valor medio de $(5.0 \pm 1.8) \times 10^{22} \text{ Am}^2$, el cual está de acuerdo con otras determinaciones de calidad comparable para el Jurásico medio. Este resultado proporciona mayor evidencia del periodo de baja intensidad magnética para el Jurásico.

GEOMAG-05

**LONG TERM VARIATIONS IN GEOMAGNETIC
INTENSITY: LINKS TO MANTLE AND CRUSTAL
PROCESSES**

Andrew Biggin¹ and Neil Thomas²
¹ Centro de Geociencias, UNAM Campus Juriquilla, Qro.
E-mail: andy@geociencias.unam.mx

² School of Earth Sciences and Geography, Kingston University

With respect to long-term (10-100 Myr) variations in the intensity of the Earth's poloidal magnetic field, we are now in the position where we can begin positing interpretations relating this signal to global geological processes. This will have the result of focussing research aimed at assessing such interpretations which is preferable to the current practise of 'blindly' filling temporal gaps in the record.

A recent statistical analysis of the global dipole moment record will be described briefly. The conclusions of this analysis have been used to define a relationship between mantle processes responsible for, and resulting from, the assembly and dispersal of Pangaea during the last 400 Myr, and thermal effects at the surface of the outer core that have in turn dictated the intensity of the geomagnetic poloidal component over this period of time.

A number of assumptions were made allowing the globally-averaged rate of subduction at any time to be considered directly proportional to the dipole moment at the same instance. Using this relationship, a model has been produced that offers an explanation for observed synchronicities between major transitions in plate tectonics and those in geomagnetic field intensity.

The current model is doubtlessly over-simplified but is nevertheless consistent with theoretical mantle studies, seismic observations, continental drift as defined by palaeomagnetic studies, and the palaeointensity database as it currently stands.

GEOMAG-06

**EVIDENCIA PALEOMAGNÉTICA DE DEFORMACIÓN DEL
BATOLITO PENINSULAR**

Rubén Contreras Flores¹, Roberto Molina Garza¹, Harald
Böhnel¹ y Amabel Ortega¹ y Luis Delgado Argote²

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro
E-mail: rmolina@geociencias.unam.mx

² Depto. de Geología, CICESE, Ensenada, B.C., México

Como parte de un proyecto multidisciplinario para entender la historia tectónica y mecanismos de emplazamiento del batolito peninsular, realizamos un muestreo paleomagnético en un transecto E-W, al norte de San Quintín, Baja California. El muestreo incluye tres plutones (aproximadamente 35 sitios), a los que se asignó el nombre de Cañada Aguaje del Burro (el más occidental), Nueva York y el Potrero (el más oriental). Los plutones afloran en las serranías bajas al pie de la Sierra de San Mártir, intrusionando la secuencia metamórfica de la Formación Alisitos. El plutón Cañada Aguaje del Burro (~95 Ma) contiene una magnetización característica con declinaciones hacia el norte e inclinaciones moderadas positivas. Una magnetización de baja coercitividad y baja temperatura de bloqueo, superpuesta a la magnetización característica, se interpreta como una componente viscosa de origen secundario. La dirección característica media basada en mediciones parciales de la colección es $D=359.3^\circ$, $I=53.0^\circ$ ($n=6$ sitios; $k=173.1$; $\alpha_{95}=5.8^\circ$). La magnetización característica del plutón El Potrero (~111 Ma), se puede recuperar después de remover magnetizaciones aberrantes de baja coercitividad posiblemente originadas por descargas eléctricas. La magnetización característica es de alta coercitividad y moderadamente alta temperatura de bloqueo. La dirección media (basada en mediciones parciales) es de $D=33.4^\circ$, $I=24.3^\circ$ ($n=8$ sitios; $k=111.3$; $\alpha_{95}=5.3^\circ$). El plutón Nueva York (~114 Ma), tiene una dirección media de $D=346.9^\circ$, $I=55.0^\circ$ ($n=5$ sitios; $k=149.9$; $\alpha_{95}=6.3^\circ$). Comparadas con la dirección esperada asumiendo estabilidad respecto al cratón de Norte América ($D=342^\circ$, $I=59^\circ$), y reconstruyendo la península a su posición pre-apertura del Golfo, las direcciones varían de ?concordantes? (para el plutón Nueva York), a ligeramente rotadas en sentido horario (para el plutón Aguaje del Burro), a fuertemente discordantes (para el plutón el Potrero). Estos datos indican que el batolito peninsular en su región central presenta intensa deformación interna.

GEOMAG-07

**A DETAILED ROCK-MAGNETIC AND MICROSCOPY
STUDY OF NAICA MINING DISTRICT (NORTHERN
MEXICO)**

L.M. Alva-Valdivia, A. Gogichaishvili and J. Urrutia-Fucugauchi
Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de
Geofísica, UNAM

E-mail: lalva@tonatiuh.igofcu.unam.mx

Ore mineral and host lithologies have been sampled at 14 sites (89 oriented samples) in the Naica District, northern Mexico. The following parameters were measured to characterise samples: saturation magnetization, density, low-high-temperature magnetic susceptibility, remanence intensity, Koenigsberger ratio, Curie temperature and hysteresis parameters. Rock magnetic properties are controlled by variations in pyrrhotite, titanomagnetite content and hydrothermal alteration. Post-mineralization hydrothermal alteration seems to be the major event that affected the minerals and magnetic properties. Curie temperatures are characteristic of Ti-poor magnetite. Hysteresis parameters indicate that most samples contain pseudo-single domain (PSD) magnetic grains. Alternating field (AF) demagnetization and isothermal remanence (IRM) acquisition both indicate that natural and laboratory remanences are mostly carried by MD-PSD spinels in the host rocks. The trend of NRM intensity vs susceptibility suggests that the carrier of remanent and induced magnetization is the same in all cases (spinels). The Koenigsberger ratio range from 0.05 to 34, and generally it is higher than 1 indicating the predominance of remanence over induced magnetism. Constraints on the geometry of the intrusive source body developed in the model of the magnetic anomaly are obtained by quantifying the relative contributions of induced and remanent magnetization components.

GEOMAG-08

**DEFINICIÓN DE SITIOS POTENCIALES PARA LA
INSTALACIÓN DE UN NUEVO OBSERVATORIO
MAGNÉTICO EN LA REPÚBLICA MEXICANA**

Hernández Ordóñez Rodrigo, Lora de la Fuente Carlos,
Hernández Quintero Juan Esteban y Cifuentes Nava Gerardo
Geomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: rodrigo13@yahoo.com

Se presentan los resultados de los estudios geofísicos realizados en cuatro diferentes sitios en la República Mexicana. Estos consisten en levantamientos magnetométricos y observaciones de las componentes de Declinación e Inclinación del campo geomagnético en terrenos seleccionados y el análisis de las características magnéticas regionales que cumplan los estándares establecidos internacionalmente por la IAGA (International Association of Geomagnetism and Aeronomy).

Los sitios de estudio seleccionados están ubicados en el campus de la UNAM en Juriquilla, Querétaro; el Naranjal, dentro del predio del Observatorio Vulcanológico de Colima,

Colima y en la colonia Felix Ireta en el Observatorio de Centelleo Interplanetario en Coeneo, Michoacán; que están referidos al Observatorio Magnético de Teoloyucan, Estado de México.

Los levantamientos magnéticos se corrigen por la variación diurna del campo geomagnético, además se calcula la reducción al polo y el gradiente horizontal, que es uno de los parámetros determinantes para el emplazamiento de un observatorio magnético. Se analizan perfiles magnéticos, perpendiculares entre sí, de los sitios de interés y los valores de las observaciones absolutas realizadas. En dichos procesos se diseñó el software correspondiente.

GEOMAG-09

**PRUEBAS PARA LA INSTALACIÓN DE UN
OBSERVATORIO MAGNETICO ESTANDAR EN COENEO,
MICHOCÁN**

Lora-de la Fuente Carlos, Hernández Ordoñez Rodrigo,
Cifuentes Nava Gerardo y Hernández Quintero Esteban
Geomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: loracar74@correo.unam.mx

La red mundial de observatorios magnéticos tiene una cobertura escasa en Latinoamérica y en las bajas latitudes de la porción media y oriental del Océano Pacífico, esta carencia junto con la perturbación de observatorios magnéticos en operación por los desarrollos demográficos, hace pensar en la necesidad de localizar sitios para la instalación de nuevos observatorios que puedan funcionar por largos periodos de tiempo sin que resulten afectados y además cubran áreas en donde se necesiten datos de variación del campo geomagnético.

El Observatorio Magnético de Teoloyucan (TEO), Estado de México, funciona desde el año de 1914 y poco a poco esta siendo afectado por el desarrollo urbano e industrial de la zona donde esta emplazado, es así que se han desarrollado estudios en la búsqueda de nuevos sitios que puedan a mediano y largo plazo sustituir la operación de TEO.

En los estudios preliminares para la instalación de un nuevo observatorio magnético realizados en el periodo de julio del 2000 a junio del 2002 en diferentes sitios de la República Mexicana, el sitio que cumple con las mejores condiciones geofísicas y sociales para dicha instalación es el terreno localizado en el municipio de Coeneo, Michoacán, dentro del Observatorio de Centelleo Interplanetario del Instituto de Geofísica de la UNAM, que cuenta con diversas facilidades óptimas para la operación de un observatorio magnético.

Se presentan los resultados preliminares basados en el registro de las variaciones de las componentes magnéticas H, D y Z del terreno y la observación absoluta de D, F e I en el pilar provisional de referencia, así como las orientaciones astronómicas y referencias geográficas de estas. Resultados

cuyo objetivo es determinar si la operación de un observatorio magnético estándar con las normas que INTERMAGNET establece es viable a mediano plazo.

GEOMAG-10

SISTEMA PORTATIL MTPL-III PARA EL REGISTRO DEL CAMPO GEOELECTROMAGNETICO DE PERIODO LARGO

Jesús Ma. Brassea Ochoa
 Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE
 E-mail: jbrassea@cicese.mx

Los campos electromagnéticos naturales que inciden en la superficie de la Tierra, se transmiten en el subsuelo hasta profundidades que dependen de la conductividad eléctrica y de la frecuencia. Dada una cierta conductividad, las frecuencias altas se atenúan a corta distancia de la superficie mientras que las frecuencias bajas, o períodos largos, alcanzan mayor profundidad antes de atenuarse. Los equipos magnetotéluricos (MT) convencionales son capaces de registrar la variación temporal de estos campos electromagnéticos en la banda de frecuencias de 0.001 hasta 100 Hz aproximadamente. Esta banda de frecuencia normalmente proporciona información de la conductividad eléctrica hasta varias decenas de Km de profundidad. Con objeto de obtener información a mayores profundidades es necesario registrar variaciones de período más largo. Con la intención de tener un equipo que permita realizar sondeos magnetotéluricos período largo (MTPL), en los últimos años se ha trabajado en la construcción, prueba y mejoramiento de un equipo capaz de registrar en la banda de 100 a 100,000 Seg (0.00001 a 0.01 Hz). El sistema MTPL-III que se presenta en esta ocasión, registra la variación de las tres componentes del campo geomagnético utilizando un magnetómetro fluxgate (SCINTREX modelo FM-100B) con respuesta instrumental plana entre 0 y 4 Hz y la variación de las dos componentes horizontales del campo geoelectrico obtenidas con dipolos formados con electrodos impolarizables. El registro de estas señales se realiza en un sistema de adquisición de datos (Grabadora Digital) implementado con tarjetas con ducto PC-104. Las principales características de la grabadora digital construida son: 6 canales de entrada, conversión analógica/digital de 24 bits, frecuencia de muestro programable de hasta 8 Hz por canal, almacenamiento de datos en módulo de memoria CFLASH de 512 MB y muy bajo consumo de energía. El sistema se programa y se pone en operación mediante una microcomputadora tipo lap top donde se tienen los programas necesarios para el control del equipo, el monitoreo visual de las señales y el respaldo de la información registrada en el módulo de memoria CFLASH. Los principales objetivos del trabajo realizado fueron: a) tener una grabadora digital con las características anteriormente descritas que sirva de plataforma para el desarrollo y mejoramiento de equipos en el Area de la Instrumentación Geofísica, b) registrar los campos geoelectromagnéticos en la banda de frecuencias de 0 a 4 Hz, para cubrir la parte de respuesta en bajas frecuencias de un MT convencional y así poder tener un

buen traslape de los espectros en frecuencia al procesar los datos obtenidos con un equipo MT convencional y con un equipo MTPL-III en determinado sitio c) obtener las curvas de resistividad aparente de sondeos realizados con ambos equipos en el mismo sitio.

GEOMAG-11

MODELO IMO DEFINITIVO EN EL OBSERVATORIO MAGNÉTICO DE TEOLUYUCAN

Cifuentes-Nava G.¹, Hernández-Quintero J.E.¹ y Rasson J.L.²

¹ Geomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
 E-mail: gercifue@igeofcu.unam.mx

² Centre de Physique du Globe, Institut Royal Météorologique de Belgique, Belgique

Desde junio de 2001 opera la electrónica e instrumentación final de un IMO (INTERMAGNET Magnetic Observatory) en las instalaciones del Observatorio Geomagnético de Teoloyucan (TEO) del Instituto de Geofísica de la UNAM. Además de haber obtenido los primeros resultados satisfactorios en 2001, se han realizado modificaciones y nuevas calibraciones para llegar a los mejores valores de precisión y estabilidad electrónica e instrumental de los magnetómetros fluxgate, de precesión protónica y de declinación e inclinación magnéticas.

Se presentan estas modificaciones y calibraciones, así como sus resultados y análisis realizados en julio de 2002 para llegar a un IMO con valores de variación óptimos por debajo de los 5 nT diarios, líneas base instrumentales estables, adquisición y transmisión de datos automática y continua con disponibilidad en tiempo casi real, requerimientos indispensables para una alta calidad de operación.

Este modelo y sus resultados están sirviendo por su economía, sencillez y óptima operabilidad como base para la futura instalación de otros IMOs en México.

Los datos en línea pueden ya ser consultados y solicitados para su uso académico y de investigación en el GIN (Geomagnetic INTERMAGNET Node) de Edinburgo, Reino Unido, donde están siendo analizados mientras se dictamina la inclusión de TEO al proyecto internacional INTERMAGNET.

GEOMAG-12

DISTRIBUCIONES DE TAMAÑO Y TEMPORALES DE COMIENSOS REPENTINOS DE TORMENTAS GEOMAGNETICAS

R. Perez Enriquez, J.A.L. Cruz Abeyro y A. Kotsarenko
 Centro de Geociencias, UNAM, Juriquilla, Qro.
 E-mail: roman@geociencias.unam.mx

Parece haber fuertes evidencias de que la magnetosfera se encuentra, durante subtormentas geomagnéticas, en un estado de criticalidad autoorganizada (SOC). Dado que muchos de estos eventos van acompañados de comienzos repentinos de

tormentas (ssc), nosotros examinamos la ocurrencia (1953-2002), y duración, magnitud e intensidad (1968-1989) de ssc, con el fin de obtener distribuciones de tamaño y tiempo intereventos de estos parámetros con el fin de identificar un posible comportamiento de SOC. Aunque obtuvimos generalmente leyes de potencias, los exponentes de las distribuciones no apoyan el que los ssc estén en estado de criticalidad. Sin embargo, sí parece haber evidencia de que existen valores umbrales arriba de los cuales es posible establecer dicha criticalidad.

GEOMAG-13

MODELACIÓN DE LA ANOMALÍA MAGNÉTICA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL, MEXICO

Nicolás Martínez Pepín Lehalleur
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: lehanic@quetzalcoatl.igefcu.unam.mx

Se presentan etapas preliminares en la construcción de un modelo del Popocatepetl con base en datos aeromagnéticos. Se pretende construir un modelo que consiste de la superficie topográfica del Popocatepetl y de un subsuelo dividido en dos medios de magnetización constante, homogénea e isotrópica. Se calcula la anomalía magnética generada por esta estructura.

La magnetización del medio más superficial, que se encuentra a baja temperatura, esta dominada por las propiedades ferromagnéticas de la magnetita. La susceptibilidad del medio más profundo, que se encuentra a una temperatura superior a la temperatura de Curie de la magnetita, tiene una susceptibilidad paramagnética. La interfase entre ambos medios corresponde a la isoterma de la temperatura de Curie de la magnetita.

Se pretende obtener la forma tridimensional de esta interfase resolviendo el problema inverso, partiendo del mapa aeromagnético del Popocatepetl.

Se ha concluido la modelación de la anomalía magnética causada por la Sierra Nevada mediante el método de Plouff. Se modeló el relieve de altitud superior a los 2600 m.s.n.m., asumiendo que estaba rodeado por un plano infinito de altitud 2400 m.s.n.m., mediante 22 prismas poligónicos horizontales superpuestos, cada uno de 200 m de espesor, cuya forma constituye una simplificación de los contornos topográficos reales de la Sierra Nevada tomados cada 200 m. El cálculo se efectuó en una computadora PC usando el lenguaje y programa de cálculo Matlab® 6.1668, de manera a obtener valores para los puntos de una malla. Se usaron dos mallas, una que cubre toda la extensión de la Sierra Nevada y la otra que corresponde a la zona cubierta por el mapa aeromagnético. Posteriormente se le restó al mapa aeromagnético la anomalía modelada para distintos valores de magnetización, susceptibilidad, y para diversas orientaciones de la magnetización remanente, con base en las mediciones de las que disponemos.

Esta primera modelación demostró que la forma topográfica del Popocatepetl y del conjunto de la Sierra Nevada no puede explicar por sí sola la forma de la anomalía magnética que presentan.

Estos resultados fueron objeto de una publicación en el último número de Geofísica Internacional.

Si se obtiene efectivamente una forma tridimensional de la temperatura de Curie de la magnetita (aproximadamente 500°C) dentro del volcán, será posible deducir un campo de temperatura, y avanzar en la construcción de un modelo termodinámico del mismo, susceptible también de explicar los registros magnetométricos permanentes, donde se registraron variaciones interpretadas cualitativamente como de origen termomagnético.

GEOMAG-14 CARTEL

NEW PALEOMAGNETIC AND GEOCHRONOLOGY DATA FROM RIO GRANDE DE SANTIAGO VOLCANIC SUCCESSION (CENTRAL MEXICO)

Jose Antonio Gonzalez¹, Avto Gogichaishvili¹, Luis Alva-Valdivia¹, Jose Rosas-Elguera² and Jaime Urrutia-Fucugauchi¹

¹ Depto. de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: avto@tonatiuh.igefcu.unam.mx

² Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad de Guadalajara

Despite the abundance of thick lava sequences with quite high extrusion rates, the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) have been relatively little studied from a paleomagnetic point of view. Previous studies were aimed for tectonic evolution of Central Mexico rather than documenting fluctuations of Earth's magnetic field in terms of both directions and intensity. Older studies, obtained with methods that have been since superseded, may not be entirely reliable and most of them do not satisfy basic selection criteria to be included in currently available paleomagnetic databases (see the IAGA paleomagnetic database at <http://www.ngu.no/dragon/Palmag/paleomag.htm>). For this reason, IAGA (1997) resolution recommends that attention should be given to repeating early studies on important sections using modern field and laboratory techniques.

Norman Watkins and co-workers (1971) conducted one of the early studies in the TMVB, and reported paleomagnetic results from Rio Grande de Santiago lava flows. They studied four middle Miocene volcanic units and both normal and reverse magnetic polarities were observed. In present work, we have studied in details this single sequence characterized by unambiguous stratigraphy, so that sampling artifacts due to imperfect correlation and possible overlaps are excluded. All samples were stepwise demagnetized by both alternating field and thermal procedures, which allowed precise determination of flow-mean paleodirections for all sites. Results are used to better constraint the tectonics of study area and to document the paleosecular variation of geomagnetic field during the

middle Miocene. Moreover, 83 samples were pre-selected for Thellier paleointensity experiments. Altogether 47 samples coming from 12 lava flows yielded reliable absolute intensity estimates, which may contribute to our knowledge of geomagnetic field strength during Miocene and thus the transition mode between low intensity period during Mesozoic (so-called Mesozoic Dipole Low, Prévot *et al.*, 1990) and the Neogene 'high' fields.

IAGA News, 37, p. 18, Resolution n° 7, 1997.

Prévot, M., M.E.M. Derder, J. McWilliams, and J. Thompson, Intensity of the Earth's magnetic field: evidence for a Mesozoic dipole low. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 97, 129-139, 1990.

Watkins, N.D., B.M. Gunn, A.K. Baksi, D. York, and J. Ade-Hall, Paleomagnetism, geochemistry and potassium-argon ages of the Rio Grande de Santiago volcanics, Central Mexico. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 82, 1955-1968, 1971.

GEOMAG-15 CARTEL

PALEOMAGNETISM, MAGNETIC MINERALOGY AND GEOCHEMISTRY OF LAVA FLOWS FROM THE POPOCATEPETL VOLCANIC REGION IN CENTRAL MEXICO

G. Conte^{1,2}, J. Urrutia-Fucugauchi¹, A. Gogichaishvili¹, O. Morton-Bermea¹, A.M. Soler-Arechalde¹ and Alberto Incoronato²

¹ Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: juf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Dipartimento di Science della Terra, Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli, Italia

Results of a paleodirectional and paleointensity study of sixteen lava flows from the Popocatepetl complex and the Atlixco volcanic field in central Mexico are presented. The Popocatepetl volcano forms the southern end of a N-S trending volcanic range; it is an active composite volcano. Composition of units studied, based on major oxides, corresponds to andesites, with a few trachandesites and a dacite. Chondrite-normalized REE patterns for all rocks from the Popocatepetl volcano and the Atlixco field are very similar. Rock-magnetic experiments reveal that remanence is carried in most cases by Ti-poor titanomagnetite, resulting of oxy-exsolution of original titanomagnetite during the initial flow cooling. Unblocking temperature spectra and high coercivities point to 'small' pseudo-single domain magnetic grains for these (titano)magnetites. Single-component, linear demagnetization plots were observed in most cases. All studied flows yield normal polarity magnetization, which supports a maximum age within the Brunhes chron. An evidence of strong lightning-produced magnetization overprint was detected for one site. Combining the paleomagnetic data for the lava flows in the Popocatepetl volcano complex, we obtain a mean paleodirection of $I=35.4$, $D=345.7^\circ$, $k=21$, $a95=8.5$, $N=15$, which deviates counterclockwise from the present day field direction.

Twenty-five samples were pre-selected for Thellier paleointensity experiments because of their stable remanent magnetization and reasonably reversible continuous thermomagnetic curves. Fourteen samples, coming from 4 individual basaltic lava flows, yield reliable paleointensity estimates with the flow-mean virtual dipole moments (VDM) ranging from 5.9 to 9.2×10^{22} Am². The NRM fractions used for paleointensity determination range from 35 to 96% and the quality factors varies between 3.4 and 46.9, being normally greater than 6. Mean VDM obtained in this study is 7.2 ± 1.4 Am², which is slightly lower than present day dipolar value.

GEOMAG-16 CARTEL

RESULTADOS PRELIMINARES DE LOS ESTUDIOS MAGNETOMÉTRICOS DESARROLLADOS EN EL ESTADO DE VERACRUZ (MARZO, 2002)

E. Hernández Quintero, G. Cifuentes Nava, C. Mortera Gutiérrez, B. Bandy, R. Hernández Ordóñez y E. Correa Mora
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: estebanh@igeocu.unam.mx

Entre el 12 y el 21 de Marzo del año 2002, se realizaron dos proyectos de exploración geofísica en el estado de Veracruz: un sistema de monitoreo de campo magnético total "F" localizado en Anton Lizardo para apoyar el estudio de magnetometría marina realizado en el Golfo de México a 60 km al este; y un perfil magnetométrico que inició en Anton Lizardo y termina en Tecolutla para correlacionar y apoyar el resto de los estudios.

La distancia entre los puntos inicial y final de las estaciones es de 214.4 km. En promedio se tomaron datos de campo magnético total a cada 1.4 km, mientras tanto la estación geomagnética automática muestreó el campo cada minuto en el poblado de Antón Lizardo a 25 km al sur de la ciudad de Veracruz.

Se presentan los resultados preliminares tanto del perfil magnético como del sistema de monitoreo automático emplazado con el fin de apoyar estudios paralelos realizados cerca de la zona de trabajo durante este periodo.

Entre otras conclusiones, se demostró que la Academia Naval en Anton Lizardo (Veracruz) es un lugar de alta calidad para la medición de campo magnético por sus excelentes condiciones de seguridad, así como los bajos gradientes encontrados (3 a 4 nT/m).

La estación generó en el periodo casi 13,000 datos durante nueve días de operación. Los registros obtenidos reportan la actividad geomagnética, así como un SSC de 38.5 nT de amplitud ocurrido durante el último día de medición.

Respecto al perfil obtenido, se demuestra una alta correlación con estudios anteriores como Agocs (1958) y Flores-Ruiz (1990). Las anomalías magnéticas están íntimamente relacionadas con el basamento magnético en la

mayor parte de la ruta seguida, se encontraron anomalías de mayor magnitud que asociamos con áreas volcánicas en ciertas áreas. Estimamos una profundidad aproximada entre 5 (Tecolutla-Nautla) y 15 km (Cuenca de Veracruz). Se propone un análisis más detallado de esta información para obtener modelos más aproximados del subsuelo en la región.

GEOMAG-17 CARTEL

MAGNETOMETRÍA EN EL ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DE LA ANTENA DE CENTELLEO INTERPLANETARIO DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA DE LA UNAM

Orozco A., Hernández Quintero J.E., Nava M., Cifuentes G.,
Hernández Ordóñez R. y Lora C.
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: adolfo@igeofcu.unam.mx

Desde el año de 1999 la magnetometría sobre el área de emplazamiento del observatorio de centelleo interplanetario que esta desarrollando el departamento de Física Espacial del Instituto de Geofísica ha sido un proyecto paralelo que pretende alcanzar varios objetivos.

Entre los mas importantes se cuenta el conocimiento del campo geomagnético asociado al área donde se emplazará la antena de centelleo. Esto se logró mediante la instalación de una estación geomagnética de 3er orden cerca de la antena con el fin de monitorear el campo magnético Terrestre a largo plazo. Además esta estación se utilizará como sustitución de otras estaciones instaladas en el estado de Michoacán las cuáles no será posible seguir utilizando por el crecimiento poblacional de los lugares donde se encuentran.

Otro objetivo es la búsqueda y análisis del campo magnético local en el área de emplazamiento de la antena. Gracias a los estudios aquí presentados, se ha logrado definir el comportamiento del campo magnético así como una interpretación preliminar de éste, logrando concluir preliminarmente que se encontraron anomalías someras entre 5 y 8 mts de profundidad que no causan mayor problema en el monitoreo del campo electromagnético a las frecuencias que la antena opera.

GEOMAG-18 CARTEL

PALEOMAGNETIC RESULTS FROM CRETACEOUS AND TERTIARY BASALTS OF SOUTHEASTERN SIBERIA

Xixi Zhao
University of California Santa Cruz
E-mail: xzhao@emerald.ucsc.edu

Early Cretaceous basaltic rocks from the southeastern margin of the Siberian Platform record relative rotations that are probably older than Tertiary. We have obtained preliminary results from dated Cretaceous basaltic lava flows exposed in three separated depressions of the Trans-Baikal region, southeastern Siberia. Progressive thermal and AF demagnetization in each case removed a secondary

magnetization, after which the characteristic component (ChRM) is isolated and decays toward the origin. Five sites collected from Bichura area (50.6N, 107.6E) yield a positive fold and reversal test. The mean ChRM directions for flows exposed along a 500 m stretch of the Chikol River (50.5 N, 106.9E) are all reversed and rotated. The overlying late Cretaceous sandstone has normal polarity and is not rotated. The corresponding paleomagnetic poles are not statistically different from the 95-130 Ma reference pole of Besse and Courtillot (1991) in terms of paleolatitudes. This is an important preliminary finding for the tectonic reconstruction of Asia, because that reference pole is based entirely on data transferred from other plates, and much current debate is focused on the existence or not of large relative movements between the Chinese and Mongolian blocks to the south and Siberia. Our data so far suggest that the Eurasian reference poles for Cretaceous are probably appropriate for Siberia, and so we need to seek other explanations for the anomalous inclinations from central Asia.

When compared to the expected direction, about 30 degrees of counterclockwise rotation in declination is indicated by the data from locations near the Mongolian border (50.6 N, 105.8E) and 50 degrees clockwise rotation is suggested by the data from the Chikol River section, but no deflection of the declination is observed for the Bichura area. We suggest that local deformation is the preferred interpretation for the clockwise rotation because the river trend and other local structures also show clockwise deflection in the regions where the rotated paleomagnetic samples were collected. Judging from the direction of late Cretaceous and Tertiary volcanic rocks from the same area, it is likely that the clockwise rotation ended before then.

Sesión

Geomorfología

Jueves 7

SALA E

MÉTODOS Y TÉCNICAS ESPECIALIZADAS EN EL ESTUDIO DEL RELIEVE

GEOM-01**SISTEMA CLASIFICATORIO DEL RELIEVE DE MÉXICO**

Azucena Pérez Vega¹, Mario Arturo Ortiz Pérez², Gerardo Bocco Verdinelli³, Alejandro Velázquez Montes¹ y colaboradores

¹ Depto. Ordenamiento Territorial, Morelia, Michoacán

E-mail: azuperezvega@yahoo.com

² Instituto de Geografía, UNAM

La clasificación y jerarquización del relieve en nuestro país se vislumbra como una tarea fundamental, ya que constituye un elemento básico en trabajos de carácter ecológico, de regionalización, manejo de recursos naturales y ordenamiento del territorio.

El presente trabajo constituye la integración del conocimiento de expertos y se deriva de un taller, cuyo fin fue crear un sistema de clasificación jerárquico y su expresión en la leyenda geomorfológica de México; compatible en escalas, nomenclatura, atributos y términos para todo el territorio.

El levantamiento sobre la clasificación del relieve a niveles superiores es de carácter regional y a niveles detallados de carácter tipológico. La primera etapa del trabajo partió del trabajo realizado por Ortiz (2000) pero ajustado al consenso obtenido del taller, teniendo así 9 grandes grupos que integran 47 tipos de relieve, siendo dichos grupos los siguientes: 1) relieve volcánico acumulativo reciente, 2) relieve de montaña, rocas volcánicas ígneas intrusivas y metamórficas con un estilo estructural de bloques, 3) relieve montaña de rocas sedimentarias con un estilo estructural mixto de bloques y plegadas, 4) plataforma o planicie estructural de relieve mesiforme, planicies y/o terrazas estructurales sedimentarias, 5) relieve de piedemonte, 6) relieve de llanuras, 6) sistema fluvial, 8) relieve cárstico y 9) relieve costero. El resultado general constituye la base para las diversas tareas que emprenden diversas instancias tanto federales, estatales, municipales, y académicas en materia de regionalización, manejo de recursos naturales y ordenamiento territorial.

GEOM-02
EVIDENCIA BATIMÉTRICA Y MAGNÉTICA DE NO EXISTENCIA DE VOLCANES MARINOS EN EL TALUD CONTINENTAL DEL GOLFO DE MÉXICO ENFRENTA DE LA COSTA DE VERACRUZ

C.A. Mortera Gutiérrez¹, W.L. Bandy¹, R.M. Prol Ledesma¹, C. Canet Miguel¹, J.C. Cruz Ocampo¹, H. Pérez Mortera¹, J.R. Peláez Gaviria¹, G. Pardo Castro¹, G.S. Serrato Díaz¹, K. Mendoza Cervantes¹, F. Rodríguez Chávez¹, M. Manea¹, V.C. Manea¹, J. Urrutia Fucugauchi¹, A. Molina Cruz², M.L. Machain Castillo², E. Arellano Torres² y J.H. Flores Ruiz³

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: cmortera@hotmail.com

² Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

³ Instituto Mexicano del Petróleo

En 1974, un estudio geofísico regional del suroeste del talud continental en el Golfo de México indicó la posibilidad de la existencia de cuatro volcanes submarinos enfrente de las costas del Estado de Veracruz. Desde entonces la literatura científica ha difundido la existencia de estos volcanes basado en la inferencia solamente geomorfológica de un monte o montículo submarino evidenciado en perfiles batimétricos. En Abril del 2002, se realizó una campaña oceanográfica con el B/O Justo Sierra para coleccionar datos batimétricos y magnéticos y muestras de rocas y sedimentos sobre cuatro regiones donde se propusieron la existencia de los montes submarinos que se encuentran en el margen occidental del Golfo de México, en el talud continental, aproximadamente a unos 60 km del Puerto de Veracruz. Nuestros objetivos principales con el mapeo geofísico y muestreo geológico era el de validar científicamente que la formación de estos montes estarían asociada a la actividad magmática que caracteriza la formación magmáticas de los volcanes de subducción en el margen continental occidental del Golfo de México, en particular que relación tendrían con el eje Neovolcánico Transversal o con el eje Volcánico Centroamericano a través del Macizo Volcánico de Tuxtla. Resultados preliminares del mapeo batimétrico del talud continental en las cuatro áreas muestran relieves que no corresponde a un edificio de un monte submarino, sino a formas erosionales en el talud continental. Mapas de alta resolución de datos magnéticos marinos de las cuatro áreas tampoco muestran formas de anomalías correspondientes a edificios volcánicos. El dragado de rocas fue infructífero, solo sedimentos superficiales fueron posiblemente de obtener en abundancia en las cuatro regiones. Estudios iniciales de las muestras sedimentarias colectadas no han mostrado elementos indicadores correspondientes a una petrología de origen magmática, geológicamente reciente. Los resultados iniciales de esta campaña oceanográfica no han mostrado ninguna evidencia para la existencia de estos volcanes en el talud continental del margen suroeste del Golfo de México.

FECHAMIENTO DE GEOFORMAS GLACIALES EN EL VOLCÁN NEVADO DE TOLUCA POR EL ISÓTOPO COSMOGÉNICO CLORO-36 Y SUS IMPLICACIONES PARA LA CRONOLOGÍA GLACIAL Y ERUPTIVA

Lorenzo Vázquez Selem¹, José Luis Arce² y José Luis Macías²

¹ Instituto de Geografía, UNAM

E-mail: lselem@igiris.igeograf.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

Existen claras evidencias de que en el volcán Nevado de Toluca los episodios eruptivos del Pleistoceno tardío están intercalados con fases de avance de los glaciares. La última erupción plenamente confirmada corresponde al evento pliniano que produjo la Pómez Toluca Superior (PTS) y flujos piroclásticos asociados, y que recientemente se ha vuelto a fechar en $\sim 10,500$ 14C yr BP. En este trabajo se reportan observaciones y resultados de algunos fechamientos en georformas glaciales posteriores a este evento, realizados mediante el isótopo cosmogénico Cloro-36. Este método permite establecer directamente la edad de exposición de los materiales rocosos a la radiación cósmica, es decir la edad de construcción de las geoformas. Un fechamiento Cl-36 en roca in situ con pulimiento glacial de la superficie del domo dacítico El Ombligo, situado dentro del cráter del volcán y que intuitivamente ha sido asociado al final del evento PTS, arroja 9000 años calendáricos. Esta cifra representa una edad mínima para el domo, y sugiere que éste efectivamente corresponde al evento PTS. Asimismo la fecha se relaciona con la desaparición del glaciar que llenó el cráter y que sin duda cubrió por completo el domo después del evento PTS. Junto con otras observaciones morfo-estratigráficas en morrenas, el fechamiento confirma la ocurrencia de un importante avance glacial durante la transición Pleistoceno-Holoceno en las altas montañas del centro de México. Por otro lado, tres fechamientos Cl-36 en bloques de morrenas más jóvenes indican que durante el Holoceno temprano (8000-7000 yr BP) ocurrió otro avance glacial de importancia en el Nevado de Toluca a altitudes hasta de ~ 4100 m.

PEDOSEDIMENTARY DEVELOPMENT AND PALAEOENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE OF A DISTAL ALLUVIAL-FAN DEPOSITS, DURING THE MIDDLE-LATE HOLOCENE IN THE PLAYA EL FRESNAL REGION, CHIHUAHUA DESERT, NORTHERN MEXICO

Ortega Ramírez J., Maillol J.M., Bandy W., Valiente Banuet A., Mortera Gutiérrez C., Urrutia Fucugauchi J., Chacón Cruz G. M. and Martínez Estrella FJ.

Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: jortega@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

University of Calgary, Canada

Instituto de Ecología, UNAM

Facultad de Ingeniería, UNAM

ESIA, Instituto Politécnico Nacional

The Playa El Fresnal lies within the northwest part of the state of Chihuahua, within the Chihuahuan Desert (31°05'N and 107°30'W). It is a tilted terrane with characteristic of an extensional basin, that is a half-graben/tilted-block system with a playa-lake situated in the basin floor, surrounding by fans. The western slope belonging to the footwall block, gullies developed in distal alluvial-fan deposits, reveal evidence of different sedimentation and soil formation. The gullies show a succession of three major period of sedimentation, each of which has a distinct soil, indicating that each period of sediment deposition was followed by a period of stability and soil formation.

One section of 3.2m was sampled at each 20 cm for laboratory analyses. The granulometric size frequency data was used as descriptive and analytic tool. A cumulative curve for the silt-clay fraction was determined using a laser Spectrex rapid particle analyzer and for its mean, median, dispersion, skewness and kurtosis. The complete cumulative grain-size curve combines sieve data for 1000-62.5 mm (coarse sand to very fine sand, 0-4f) and laser data for the 62.5-0.075 mm (coarse silt to fine clay, 4-10f) fractions. This information was combined with other data such as the result of the geochemical analysis, root traces (rhizoconcretions) and soil colors. These data supported by three 14C dates (4335 ± 80 yr B.P., 1735 ± 90 yr B.P. and 1570 ± 55 yr B.P.) conform the framework of our dynamic pedosedimentary approach and the paleoenvironmental interpretation.

Described as sediment, the different layers consists of three facies: sandy mud, sandy clay and muddy sand. Described as soil, there are four types: sandy silt or a sandy loam, loam, loamy sand and silt loam. Primary sedimentary structures are not preserved because they have been strongly modified by pedogenesis.

The youngest sediments (Unit QI) correspond to a bar fluvial environment that have truncated a buried soil with a cambic horizon. The next older sediments (Unit QII) is constituted by loess like sediments that has prominent illuvial argillic horizons. Toward the base of the profile, the oldest

sediments (unit QIII) consist of mudflow deposits that contains sulfates aggregates, shell gastropods fragments, carbonate concretions and desiccation mudcraks.

The alluvial stratigraphy show a break between ca. 4000 and 3500 yr BP, (between units QIII and QII), followed by a resumption of sedimentation between ca. 3500 and 2000 yr B. P. which are characterized by loess like-paleosol and dune deposits. For the last 15000 yr ago, the sedimentation indicates relatively drier conditions, although a brief period associated with fluvial deposits is indicated by a gradual decreasing of the grains sand population phi values with intercalated paleosol. Therefore these results indicate minor humid fluctuation during this period.

GEOM-05

ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO Y PETROGRÁFICO DE LAS DUNAS QUE BORDEAN AL CAMPO VOLCÁNICO EL PINACATE

Solis Limón Ma. Fernanda, Paz Moreno Francisco y Grijalva Noriega Francisco Javier
 Depto. de Geología, Universidad de Sonora
 E-mail: solis@aurora.geologia.uson.mx

El Gran Desierto de Altar se localiza en el extremo noroeste de Sonora, México. Sus arenas de edad Pleistoceno, cubren un área aproximada de 5700 Km². Es considerado como Mar de Arena, comprende una de las áreas más grandes de dunas activas de Norteamérica.

Como objetivos se plantean: un estudio de las formas de las dunas en base a la clasificación morfométrica, así como, establecer las fuentes potenciales de los sedimentos mediante estudios petrográficos y análisis sedimentológicos.

En nuestra área de estudio, encontramos dunas crecientes (simples a compuestas), lineares y mantos de arena que rodean y cubren al Campo Volcánico El Pinacate (CVP).

La gran variedad de formas de dunas son el resultado de los cambios de las direcciones del viento; éstos ocurren de S-SW en verano y en invierno de N-NE, siendo la estación de verano donde se registran las máximas velocidades y por lo tanto, el mayor transporte de sedimentos.

Las dunas crecientes presentan crestas rectas y de media luna con amplitudes de 280 a 1200 m, con un rango de altura de 20 a 50 m. Las dunas lineares con longitudes de aproximadamente 2500 m y espaciamientos entre dunas de 80 a 280 m. Los mantos de arena se encuentran ampliamente distribuidos, son grandes extensiones de arenas ligeramente onduladas y zibar, pobladas con vegetación de arbustos dispersos.

El análisis sedimentológico efectuado con laser coulter, indica que son arenas finas a medias, donde no existe una diferencia marcada en el tamaño y clasificación de los

sedimentos en las distintas partes que conforman una duna. Los estudios petrográficos de las arenas en láminas delgadas nos confirman que son arenas moderadamente a bien clasificadas, y adicionalmente que se trata de formas subangulosas a subredondeadas, por otra parte nos permite reconocer la riqueza y abundancia de variedades de líticas que son representativas de los afloramientos que circundan al CVP, y en mínima proporción de éste mismo.

GEOMORFOLOGÍA DINÁMICA Y APLICADA

GEOM-06

DEGRADACION POTENCIAL DEL SUELO EN LA CUENCA LA CULEBRA DEL PICO DE TANCITARO, MICHOACÁN

José Francisco Sánchez Espinoza¹, José de Jesús Alfonso Junco Fuentes² y Gerardo Bocco V.²

¹ Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán
 E-mail: fsanchez@ate.oikos.unam.mx

² Depto. de los Recursos Naturales, UNAM, Campus Morelia

El Pico de Tancitaro se ubica en la Meseta Purépecha en el estado de Michoacán, entre los municipios de Uruapan, Tancitaro, Nuevo Parangaricutiro, Peribán y Los Reyes. La zona se caracteriza por presentar una variedad de mosaicos ambientales mismos que son abordados bajo el enfoque de cuencas que permite explicar atributos de los recursos naturales mediante la conexión del medio físico, la geomorfología y la ecología del paisaje, haciendo énfasis en la relación entre los patrones espaciales y los procesos geocológicos.

El presente estudio se enmarca dentro del proyecto "Geomorfología, Paisaje y Recursos Naturales en el Pico de Tancitaro" desarrollado por la UNAM con la colaboración del Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán. Dicho trabajo intenta relacionar aspectos ambientales con aquellos que inciden en la disponibilidad y oferta de agua del macizo declarado parque nacional.

En este apartado, el objetivo es presentar un análisis de la relación suelo-geomorfología-agua para una de las cuencas más representativas del volcán Tancitaro.

Los suelos de la cuenca "La culebra" son de tipo volcánico, generalmente profundos, de desarrollo moderado, muy drenados, de textura migajon arenoso, ricos en materia orgánica y no presentan una degradación evidente; sin embargo son muy susceptibles a la degradación, condición que esta íntimamente ligada con el relieve presente y con la densidad de drenaje.

Las condiciones hidrográficas de La Culebra indican una alta energía del relieve, favorecida por una densidad de drenaje también sensiblemente alta que se refleja en un orden de corriente de seis puntos.

Entre las conclusiones más importantes está el hecho de que la degradación potencial de la cuenca actualmente no tiene un gran peso, pero es un proceso que se pudiera acelerar si no se toman medidas en cuanto al uso del suelo, ya que la actividad aguacatera ejerce una fuerte presión sobre el resto de los recursos.

Por otra parte, se observa la utilidad del uso de métodos y herramientas combinados para el análisis geoecológico: SIG, PR, análisis de suelos y geomorfología.

GEOM-07

DIFERENCIACIÓN MORFOESTRUCTURAL Y CLIMÁTICO-HIDROLÓGICA DE LA EXODINÁMICA FLUVIAL RECIENTE EN MONTAÑAS TROPICALES: RÍO CARPINTERO, CUBA ORIENTAL

José R. Hernández Santana
Instituto de Geografía, UNAM
E-mail: hernandezsantanajr@hotmail.com

Se realizaron mediciones geodésicas estacionarias de precisión sobre la exodinámica fluvial de cauce reciente del Río Carpintero, en la vertiente meridional del macizo montañoso de la Gran Piedra, y en el contexto del polígono geodinámico complejo de Santiago de Cuba. Las observaciones instrumentales de los procesos fluviales se ejecutaron en el contexto espacial de un mosaico complejo de bloques morfoestructurales longitudinales escalonados, típico de morfoestructuras insulares de transición marginal entre placas, en condiciones del trópico cubano, y dos veces al año, después de los periodos lluvioso (mayo-octubre) y menos lluvioso (noviembre-abril). Los resultados de los 10 ciclos de mediciones, realizados durante los 5 años, mostraron la tendencia a la acumulación (velocidad media de 0,02 a 0,09 m/año) después del período menos lluvioso, en los sectores premontañosos y de llanuras, y a la erosión (velocidad media de 0,015 a 0,10 m/año, en ocasiones, hasta 0,20 m/año, después del período lluvioso en las morfoestructuras montañosas, aunque con un predominio anual. Al mismo tiempo, las regularidades de la exodinámica están determinadas por el carácter rítmico del régimen climático y del escurrimiento superficial.

GEOM-08

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA Y RIESGOS ASOCIADOS EN ZACAPOAXTLA, PUEBLA

Roberto Carlos Borja Baeza e Irasema Alcántara Ayala
Instituto de Geografía, UNAM
E-mail: rcborja23@hotmail.com

El relieve de la República Mexicana, montañoso en alrededor de un 75%, favorece la ocurrencia de procesos de remoción en masa, condición que se manifestó en octubre de 1999 con cientos de movimientos del terreno en la Sierra

Norte de Puebla, detonados por las intensas lluvias ocasionadas por la tormenta tropical numero 11. Zacapoaxtla, junto a otros municipios de la zona como Teziutlán, Totomoxtla, Zapotitlán de Méndez, entre otros, se vio afectado en un alto grado por estos fenómenos. La incidencia de estos procesos fue resultado en gran medida de la interacción entre las características geológicas y geomorfológicas existentes. Las unidades litológicas predominantes están representadas por materiales débiles no consolidados de origen volcánico (ignimbritas) que sobreyacen a rocas sedimentarias de origen marino (principalmente calizas), las cuales determinan el grado de resistencia de los materiales que constituyen las laderas. La morfología esta representada en gran medida por una extensa rampa de piroclastos y por montañas en bloque, con pendientes inclinadas y disectadas, unidades morfológicas donde se concentraron la mayor parte de movimientos del terreno. Este trabajo presenta un análisis de inestabilidad de laderas a partir de la modelación de la interacción del relieve, la concentración de humedad y las propiedades de los materiales utilizando un Modelo Digital del Terreno (MDT). Los resultados de dicho análisis fueron combinados con un índice de vulnerabilidad elaborado con base a datos de población y vivienda para obtener el mapa de riesgos por procesos de remoción en masa del municipio.

GEOM-09

AVANCES EN LA IDENTIFICACIÓN DE FACTORES QUE PROPICIAN LA INESTABILIDAD DE LADERAS: UNA PERSPECTIVA GEOLÓGICA-GEOMORFOLÓGICA APLICADA AL MUNICIPIO DE ZACAPOAXTLA, PUEBLA

Hernández Madrigal Víctor Manuel¹, Garduño Monroy Víctor Hugo² y Alcántara Ayala Irasema¹
¹ Instituto de Geografía, UNAM
E-mail: vitorio_manuel@yahoo.it
² IIM, UMSNH

Tanto un movimiento sísmico como un evento excepcional de precipitación, son factores que mas procesos de remoción en masa desencadenan. Sin embargo es indiscutible que factores geológicos, geomorfológicos y antrópicos, llegan a ser tan importantes como los primeros, que cuando existe la combinación entre ellos, los resultados son verdaderamente devastadores.

Geológicamente, la región de Zacapoaxtla, Puebla, constituye una zona de transición entre el Cinturón Volcánico Transmexicano y la Sierra Madre Oriental; por lo que su litología es definida por unidades metamórficas y sedimentarias como basamento, ellas cubiertas en ocasiones por basaltos columnares y productos piroclásticos estos últimos, en la ciudad de Zacapoaxtla alcanza una potencia de hasta 100m. La intemperización de los flujos piroclásticos conforman unidades de laterita sobre la cual se desarrolla la mayor parte de la inestabilidad de laderas. La cercanía de ésta zona con el Golfo de México, implica una degradación bastante agresiva de su superficie por efecto del escurrimiento superficial durante eventos de precipitación excepcional.

El análisis fotogeológico de la zona revela una geomorfología conformada por una red de drenaje de tipo dendrítico con grandes circos de erosión, escarpes, coladas, así como abundantes depósitos de aluviones.

Es importante destacar el asentamiento de manchas urbanas no recientes, sobre superficies de antiguos deslizamientos, que revelan una añeja actividad erosiva motivada por factores climatológicos y litológicos principalmente, en ausencia del hombre. En otras palabras la inestabilidad de laderas en la región de Zacapoaxtla ha sido, es y será un mecanismo de erosión principal, con o sin la presencia del hombre.

ANÁLISIS CUANTITATIVO GEOMORFOLÓGICO

GEOM-10

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LAS CUENCAS DEL PICO DE TANCÍTARO

José de Jesús A. Fuentes Junco¹, Miguel Bravo Espinoza² y Gerardo Bocco V.¹

¹ Lab. de Geoecología, DERN, UNAM, Campus Morelia
E-mail: junco@oikos.unam.mx

² INIFAP, CENAPROS

El Parque Nacional Pico de Tancítaro, se localiza en la porción centro oeste del Estado de Michoacán. Su importancia desde el punto de vista ambiental, como entidad hidrográfica es estratégica para el abastecimiento de más de 40 mil habitantes y de más de 25 mil hectáreas de riego de aguacate. Lo anterior se suma a la importancia que tiene, desde el punto de vista del paisaje, al sostener una gran diversidad biológica que se refleja en su estatus internacional como área prioritaria para la conservación y como área de importancia para la conservación de las aves.

En la actualidad se sabe poco de las características físicas y morfométricas de las cuencas cuya estabilidad es de vital importancia para la región aguacatera más importante del País. Por otra parte, se han realizado pocos estudios sobre morfometría de cuencas ligados al manejo del agua.

El objetivo de este trabajo es presentar la morfometría de cuencas en el Pico de Tancítaro utilizando un sistema de información geográfica y ligar los resultados al manejo del agua en la región.

Los resultados muestran tres grandes grupos de cuencas que se relacionan directamente con la disponibilidad de agua en la región. El primer grupo corresponde a cuencas de dimensiones mayores a las demás y con semejanzas en el volumen de agua además de diversas características morfométricas como la pendiente media, el área, la longitud y el perfil del cauce principal. El segundo grupo, de dimensiones menores posee semejanzas que las ubican como cuencas de características intermedias en la disponibilidad de agua.

Finalmente, las cuencas de dimensiones menores tienen como característica hidrográfica la baja disponibilidad de agua y el hecho de ser subsidiadas por otras cuencas para abastecer la demanda de agua.

Otro resultado fue verificar la importancia de relieves de lava recientes como unidades hidrográficas de especial importancia para la recarga de acuíferos.

Con los datos obtenidos por cuenca se elabora una propuesta de manejo del agua que tome en cuenta el estatus de área natural protegida proporcionando directrices para su manejo.

GEOM-11

DOBLE TRIÁNGULO PARA LA CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS TERRESTRES POR MEDIO DE LA PARAMETRIZACIÓN DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN

Andrea Bolongaro-Crevenna¹⁻²⁻³, Vicente Torres-Rodríguez¹, Valentino Sorani² y Mario Arturo Ortíz⁴

¹ Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C.
E-mail: anide@terra.com.mx

² Laboratorio Interdisciplinario de Sistemas de Información Geográfica, CEAMISH, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

³ Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

⁴ Instituto de Geografía, UNAM

Se presenta una metodología para caracterizar unidades terrestres en función de las proporciones de seis geoformas básicas calculadas a partir de un modelo digital de elevación y agrupadas en componentes con atributos de superficie (borde, canal y plano) y de punto (pico, paso y hueco). La representación espacial de estas geoformas llevó a un mapa geomorfológico. Al mismo tiempo, siguiendo una metodología clásica se delimitaron unidades terrestres con base en el origen y procesos geomorfológicos. Del cruce de estos dos mapas se obtuvo para cada unidad terrestre el porcentaje de cada una de las geoformas que lo componen.

A partir de los componentes de superficie y de punto se propone la utilización de dos diagramas triangulares para la descripción de los sistemas geomorfológicos y de estructuras geológicas individuales. Geométricamente ambos triángulos se combinan en un rombo, obteniéndose un sistema gráfico sintético de caracterización de geoformas.

Se comprobó que formas terrestres como barrancas, valles, estratovolcanes, relieve volcánico explosivo y otras pueden ser caracterizadas en función de los porcentajes de los componentes de superficie y de punto, observándose una disposición particular de cada geoforma en el doble triángulo. Se propone utilizar esta metodología para la clasificación de sistemas terrestres desde el punto de vista de la parametrización del relieve.

La utilización del doble triángulo de clasificación de geoformas encontró aplicaciones en diversos campos de geociencias y de la biología. Por ejemplo cartografía geológica, geomorfología y análisis tectónico a diversas escalas.

GEOM-12

**TOPOGRAFÍA DE DETALLE: HERRAMIENTA
INDISPENSABLE PARA LA CARACTERIZACIÓN
GEOMORFOLÓGICA DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN
MASA**

Hernández Madrigal Víctor Manuel¹ y Garduño Monroy Víctor Hugo²

¹ Instituto de Geografía, UNAM
E-mail: vitorio_manuel@yahoo.it

² IIM, UMSNH

La necesidad de trabajar con cartas topográficas de gran detalle como mapa base, y la ausencia de cartografías menores a escalas 1/10000 en México, en estudios de procesos de remoción en masa; nos ha obligado a desarrollar una técnica de levantamiento topográfico de detalle, que permite obtener cartas topográficas con isohipsas reales (no interpoladas) a cada 0.5m, esto asegura una representación real del relieve del área de estudio, permitiendo una clara interpretación de los rasgos morfológicos, morfométricos y litológicos del cuerpo inestable.

Para la localización geográfica del área de estudio se emplea un GPS tipo geodésico, con el que se obtienen las coordenadas de partida que serán usadas durante el levantamiento topográfico, el cual se realiza con una estación total (taquímetro electrónico) utilizando la técnica de levantamiento por medio de radiaciones. Con esta técnica se realiza un "barrido" del área de estudio, registrándose las variaciones de inclinación de la superficie así como deformaciones de especial interés y rasgos urbanos comprometidos con la estabilidad del cuerpo. Al finalizar el trabajo de campo, se tiene un conjunto de puntos distribuidos en toda la superficie con valores en XYZ, que conformarán el Modelo Digital del Elevaciones (MDE) del cuerpo inestable. Con el MDE se obtiene la topografía de detalle, que empleada como mapa base, facilita el registro, interpretación y análisis de rasgos geológicos, geomorfológicos y antrópicos, es decir se tiene un modelo conceptual claro del terreno.

En este trabajo se presenta diferentes cartas topográficas y MDE obtenidos con esta técnica, en tres diferentes cuerpos inestables, así como sus respectivas interpretaciones geológicas y geomorfológicas, y modelos 3D.

Con esta metodología se obtiene que es urgente que la inestabilidad de taludes que afectan a las obras antropicas debe ser estudiada con un material cartográfico de mas detalle y diferente al existente.

GEOM-13

**CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE ÓRDENES DE
CORRIENTES DE STRAHLER A PARTIR DE DATOS DEM:
UN PROBLEMA DE ESCALAS**

Gabriel Origel Gutierrez
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: abc_map@hotmail.com

La clasificación de los Órdenes de Corrientes de Strahler (OCS) ha sido un valioso método para el estudio del relieve terrestre, ya que la red fluvial es un elemento que reacciona ante eventos tectónicos. Dentro de la geomorfometría esta técnica es muy importante al considerar que permite, entre otras aplicaciones, la detección de zonas con fuerte control estructural. Además, el tiempo requerido para realizar los OCS ahora se puede disminuir notablemente, debido a que se han desarrollado programas que cuentan con funciones para extraer y ordenar la red de drenaje a partir de Modelos Digitales de Elevación (DEM). En este trabajo se presentan los resultados de la clasificación automática de OCS realizada en el programa RiverTools (de RSI, <http://www.rsinc.com>), utilizando datos de elevación extraídos de cartografía topográfica a diversas escalas. El objetivo fue identificar los cambios producidos en el orden de las corrientes al variar la escala cartográfica y la resolución espacial de los datos fuente. Se discute la relación que existe entre las escalas geográficas donde se manifiestan los procesos geomorfológico-hidrológicos, así como también una serie de elementos para detectar la mejor escala cartográfica para representar tales procesos y extraer los datos de elevación. Para realizar el análisis se seleccionaron archivos DEM del INEGI, generados con la cartografía topográfica de la misma institución a escalas 1:50,000 y 1:250,000. A estos archivos se le aplicaron operaciones espaciales para generar modelos de flujo, después se crearon, para cada uno, archivos vectoriales de la red hidrológica de una subcuenca contenida en el DEM, tomando como criterio los OCS. Se concluye que los DEM constituyen un medio adecuado para extraer parámetros geomorfométricos como los OCS. Sin embargo, es muy importante seleccionar adecuadamente los mejores DEM, debido a que los resultados obtenidos están en función de sus características particulares, especialmente la resolución, que a su vez depende de la escala cartográfica fuente. Algunas veces el método de generación de los DEM, también tiene consecuencias en el análisis realizado, lo anterior se debe a los artefactos y al ruido que caracteriza a cada método. Por lo tanto, la selección y/o producción del mejor DEM a utilizar, dependerá de una serie de criterios que muestran la relación entre las escalas geográfica y cartográfica. Entre estos criterios se encuentran el objetivo del proyecto, la zona de estudio, el proceso geomorfológico-hidrológico, las unidades de análisis, los recursos disponibles y la exactitud esperada.

GEOM-14

RELACION DENSIDAD/DIMENSIÓN FRACTAL DE LA RED DE DRENAJE PARÁMETRO GEOMORFOLÓGICO DE EROSIÓN

Jean-François Parrot y Verónica Ochoa
Instituto de Geografía, UNAM
E-mail: jfparrot@hotmail.com

La configuración de las redes fluviales son indicadores del grado de erosión y de la vulnerabilidad de los suelos al proceso de degradación. La configuración depende de la naturaleza del sustrato, de la pendiente, del relieve, etc.

Las redes fluviales de mapas topográficos o de modelos digitales de terreno [MDT] producen varios parámetros.

Se desarrolló un algoritmo que calcula la densidad de una red fluvial acoplada con la dimensión fractal, dentro de un ventana móvil de tamaño variable. El algoritmo se aplicó a dos zonas que presentaron diferentes niveles de resolución (valle de Tehuacan-Cuicatlán y Sierra Norte de Puebla) y la extracción de sus redes fluviales se hizo para la primera zona a partir de un mapa topográfico y para la segunda zona de un MDT.

Existe una fuerte correlación entre la densidad y la dimensión fractal, sin embargo ésta última es más susceptible a la configuración de la red dentro de las ventanas de observación.

Dicha relación es importante en los estudios asociados a la erosión y se puede integrar con otros parámetros, por ejemplo, el valor local de la pendiente.

CARTELES

GEOM-15 CARTEL

LA GEOMORFOLOGIA Y EL CERRO COMO SÍMBOLO DEL PAISAJE NATURAL EN LAS POBLACIONES DEL MÉXICO ANTIGUO

Oscar H. Jiménez
DEA, INAH
E-mail: Tlacuiloa@hotmail.com

En los estudios de geomorfología se conjugan una serie de conceptos teóricos y experimentales que permiten clasificar y analizar la configuración del relieve de la corteza terrestre. Este conocimiento del relieve o paisaje, se logra mediante varias etapas de observación e interpretación de los distintos agentes exógenos y endógenos. Los agentes son fenómenos dinámicos que al interactuar en el tiempo dan lugar a un conjunto de geoformas con dimensiones variables de la superficie de la tierra. Así, el resultado general de la visión geomorfológica se transfiere a una representación gráfica en mapas o cartas temáticas de diferentes tamaños o escalas apropiadas. Además,

dicha interpretación geomorfológica corresponde o representa un lapso de tiempo previamente escogido. De esta manera, podemos decir, aún cuando es difícil estar todos de acuerdo con una sola definición, que la geomorfología en nuestros días se considera una disciplina que estudia la evolución integral del relieve terrestre. Esta concepción, bien conocida desde nuestra perspectiva de sociedad con pensamiento occidental, aparentemente, no coincide con otras percepciones acerca del entorno paisajístico. Sin embargo, múltiples hallazgos arqueológicos y algunas interpretaciones "geomorfológicas" de fuentes documentales primarias permiten argumentar que en las sociedades prehispánicas existía también una visión del paisaje análoga a nuestra percepción actual. Es decir, también se llevaba a cabo la observación de distintos fenómenos naturales, principalmente exógenos, y se construían a partir de ellas, sistemas explicativos, desde luego, diferentes a los nuestros. Al entender el funcionamiento general del fenómeno y sus consecuencias en el paisaje o en el humano, los antiguos habitantes de México estaban obligados a considerarse ellos mismos, como un elemento más del entorno físico. Los principales elementos naturales (viento, agua, fuego, etc.) y el hombre, interactuaban directamente con y en el paisaje. Por ejemplo, se consideraba que la superficie de la tierra estaba encima del agua marina, que el agua que salía por debajo de los cerros podía ser agua marina o dulce, que el cielo y el mar se unían en el horizonte. Sus percepciones las representaban de manera gráfica en códigos, glifos, maquetas, esculturas e, inclusive, en construcciones formales como las pirámides. Todo ello servía también para preservar y transmitir sus conocimientos. Así, el cerro, en forma de loma, montaña o volcán se convierte en el representante y portador de rasgos naturales, de indicios de identidad, tales como: cuevas, arroyos, fluidos subterráneos (aire, agua, vapor, calor, etc), vegetación, animales, nubes, rayos, hielo, entre varios más. Todos estos rasgos naturales que interactúan dinámicamente, permiten explicar como entes portadores de algún tipo de vida, la realidad cambiante del medio ambiente. La pirámide es la representación abstracta del cerro, representación real, viviente y objetiva, de una visión estructurada del entorno natural y, en consecuencia, de la superficie terrestre en su conjunto.

GEOM-16 CARTEL

MORFOESTRUCTURAS DEL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO

José R. Hernández Santana y Mario A. Ortiz Pérez
Instituto de Geografía, UNAM
E-mail: hernandezsantanajr@hotmail.com

Partiendo de la teoría del análisis morfoestructural y de su clasificación tipológica (I.P., Guerasimov, 1959, 1986) y sus categorías (geotectura: grandes unidades geomorfológicas planetarias en correspondencia con la diferenciación de placas litosféricas; morfoestructura: expresión regional o local de la estructura geológica en el relieve; morfoescultura: formas del modelado exógeno de la superficie terrestre) y del análisis morfotectónico, de carácter clasificativo regional, se presenta el

mapa de tipos de morfoestructuras del Estado de Oaxaca, a escala 1: 500 000, sobre la base de un fondo de macro y mesounidades territoriales regionales, que facilitan la lectura temática y sintetizan la representación cartográfica del complejo universo geotectónico de un paleocratón con acreciones paleo, meso y cenozoicas, deformadas por mecanismos de subducción en toda su extensión y complicadas en su extremo suroriental por mecanismos de transpresión y transcurrencias de tipo Caribe septentrional.

Para este territorio e incluso para la República de México, este es el primer intento de clasificación morfoestructural (expresión tectónica y litológica del substrato geológico en el relieve), basada en varios niveles jerárquicos, a saber: tipo de geotectura o unidad planetaria del relieve; basamentos geológicos; grado de reelaboración morfoestructural o del modelado exógeno, como reflejo pasivo de la litología; categorías básicas del relieve y sus pisos altitudinales (montañas, elevaciones y llanuras) enlazados con la intensidad de los movimientos neotectónicos (N-Q); subcategorías del relieve y sus edades geológicas de consolidación morfoestructural; tipo específico de morfoestructura, indicando su estructura interna, su substrato geológico de elaboración, su posición geotectónica en el contexto de sistemas tridimensionales o estilos geotectónicos de interacción interbloques, sus tipos de deformaciones tectónicas, su rango hipsométrico y su ubicación dentro del plano morfotectónico regional. Finalmente, aparecen clasificadas las formas estructuro-tectónicas con manifestación activa en el relieve.

La existencia de un mapa de esta naturaleza, enriquece las interpretaciones geólogo-evolutivas de la corteza terrestre, facilita diferentes análisis de índole correlativa como morfoestructuro-sísmico, morfoestructuro-geodinámico (movimientos tectónicos recientes de la corteza terrestre en períodos seculares), apoya la elaboración del pronóstico sismológico en lo referente a la componente espacial de las recurrencias, en la evaluación de zonas potenciales de riesgos geólogo-geomorfológicos (deslizamientos, derrumbes, corrimientos, y otros procesos de génesis gravitacional), así como en múltiples direcciones aplicadas a la esfera económica local, estatal y nacional.

GEOM-17 CARTEL

ORIGEN, EVOLUCIÓN Y ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DE UN DESLIZAMIENTO DE TIERRAS EN EL ESTADO DE PUEBLA

José Juan Zamorano Orozco, Irasema Alcántara Ayala, José Lugo Hubp, Raúl Alvarado y Raúl Gutiérrez
Instituto de Geografía, UNAM
E-mail: zamo@servidor.unam.mx

Durante octubre de 1999 ocurrieron distintos movimientos en masa en el estado de Puebla como consecuencia de lluvias extraordinarias. Dichos procesos incluyeron tanto la aparición de nuevos procesos

gravitacionales, como la reactivación de antiguos movimientos, tal es el caso del poblado de Miguel Hidalgo, Municipio de Zapotitlán. Esta comunidad, formada por 200 habitantes se vio afectada por un deslizamiento de tierras originado en los depósitos de un antiguo movimiento. El proceso inició con la aparición de una grieta de 450 m de longitud, la cual tres días después alcanzó una profundidad de 6 m. Afortunadamente fue un movimiento lento que dio oportunidad a la evacuación de los pobladores sin pérdidas que lamentar. En el caso de este movimiento no se descarta la posibilidad de que un sismo ocurrido en junio del mismo año en el estado de Oaxaca en la misma zona de influencia, haya repercutido en la inestabilidad del terreno. El presente trabajo muestra la evolución geomorfológica a partir de una secuencia de mapas detallados de este deslizamiento elaborados en los años 2000, 2001 y 2002.

GEOM-18 CARTEL

ESTUDIO MORFOMÉTRICO Y GEOMORFOLÓGICO APLICADO A PROCESOS DE LADERA EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA

Irasema Alcántara Ayala, José Juan Zamorano Orozco, José Lugo Hubp y Osvaldo Franco Ramos
Instituto de Geografía, UNAM
E-mail: zamo@servidor.unam.mx

En la Sierra Norte de Puebla, a fines del mes de septiembre y principios de octubre, se produjeron lluvias de un volumen extraordinario, generadas por las depresiones tropicales 11 y 14. Dicho fenómeno desencadenó cientos de procesos gravitacionales en las laderas montañosas de esta región, algunos de ellos afectaron seriamente numerosas poblaciones, entre ellas Teziutlán donde hubo más de un centenar de víctimas. El análisis morfométrico y geomorfológico realizado en la Sierra Norte de Puebla, permitió caracterizar de forma objetiva los cambios que experimenta la evolución del relieve, su degradación y por ende su vulnerabilidad ante la acción de los procesos exógenos, de manera particular los gravitacionales. A partir de los datos morfométricos, interpretación de fotografías aéreas y trabajo de campo fue posible realizar un mapa donde se muestran territorios susceptibles a desarrollar procesos de ladera en la porción norte y nororiente del estado de Puebla.

GEOM-19 CARTEL

INFLUENCIA DE LA PENDIENTE EN LA MEDIDA DE LA LONGITUD DE LAS REDES DE DRENAJE

Verónica Ochoa, Jean-François Parrot y José Lugo
Instituto de Geografía
E-mail: beronik@hotmail.com

De manera general, la longitud de las redes fluviales se mide en un espacio bidimensional a partir de las configuraciones extraídas de los mapas topográficos sin tomar en cuenta las pendientes. Sin embargo, con los Modelos

Digitales de Terreno [MDT], se puede calcular con mayor precisión la longitud de la red utilizando un algoritmo que permite medir la longitud de los segmentos constitutivos en un espacio tridimensional.

El valor de cada segmento es igual a $\sqrt{D_s^2 + D_a^2}$, donde D_s es la distancia horizontal del segmento y D_a la diferencia de altitud entre el punto más bajo y el punto más alto.

Por otro lado, el método también permite cuantificar la diferencia que existe entre las longitudes en el espacio bidimensional y las longitudes en el espacio tridimensional. La amplitud de esta diferencia depende de la resolución del MDT y de la topografía del terreno. Se dan ejemplos comparativos que muestran el efecto de la diferencia del valor de la longitud sobre el cálculo de los distintos parámetros.

Sesión

Geoquímica y Petrología

Lunes 4 — Martes 5

SALA D

GEOQP-01

AUSENCIA DEL VULCANISMO BÁSICO RELACIONADO A LA SUBDUCCIÓN DE LA PLACA DE COCOS EN LA REPÚBLICA MEXICANA: ¿CASO ÚNICO EN EL MUNDO?

Surendra P. Verma

Centro de Investigación en Energía, UNAM, Temixco, Mor., México

E-mail: spv@mazatl.cie.unam.mx

Con base en los datos isotópicos de Sr, Nd y Pb, así como los datos geoquímicos en rocas básicas del Mioceno Tardío al Reciente (9-0 Ma) provenientes del Sur de la República Mexicana y del Centro América, se examina críticamente la posible relación entre el vulcanismo y la subducción de la placa de Cocos. Para el presente estudio, se escogieron rocas básicas con SiO_2 ajustado $< 52\%$, con el propósito de minimizar los efectos de la asimilación de la corteza, y por consecuencia, resaltar la contribución de las fuentes más profundas: la placa subducida de Cocos y el manto. Con los datos de los elementos móviles a relativamente inmóviles y las relaciones isotópicas en este tipo de rocas, se demuestra que la subducción de la placa de Cocos *no* contribuye *en nada* al vulcanismo básico en *todo* el sur de la República Mexicana, siendo esto totalmente contrario a lo que predice la teoría de la Tectónica de Placas y a lo que sucede en Centro América (de Guatemala a noroeste de Costa Rica). En realidad, el vulcanismo Mexicano se relaciona con los procesos vigentes de rompimiento cortical (*rifting*) que han sido inferidos a partir de diversos tipos de observaciones tanto geológicas como geoquímicas y geofísicas. La ausencia de la relación entre el vulcanismo y la subducción de una placa representa probablemente el primer caso sobre la Tierra, donde la subducción vigente de casi la mitad de una placa oceánica no produce ningún vulcanismo básico asociado a este proceso. La presente ponencia se basa en una publicación reciente: Verma, S.P. (2002) *Absence of Cocos plate subduction-related basic volcanism in southern Mexico: A unique case on Earth? Geology* (en prensa), y tiene la finalidad de invitar a todos aquellos que no estuvieran de acuerdo con estas interpretaciones y conclusiones poco convencionales, pero sí quisieran discutir las en un foro científico; éste, además del presente Congreso, podría ser el de *"Comment and Reply"* en la revista *Geology*. Concluyo diciendo que estos resultados "no tradicionales" invalidan la aplicación, en forma rutinaria e indiscriminada, de la teoría de la Tectónica de Placas a problemas del vulcanismo Mexicano.

GEOQP-02

PERFIL ISOTÓPICO DEL VOLCÁN DE COLIMA

Valdez-Moreno G.¹, Schaaf P.¹, Solis-Pichardo G.², Hernández-Treviño T.¹, Morales-Contreras J.¹ y Martínez-Serrano R.¹¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: valdezgm@servidor.unam.mx

² Instituto de Geología, UNAM

El Volcán de Colima se ubica al occidente del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM), en una zona influenciada por la subducción de la placa Rivera debajo de Norteamérica y por la extensión que afecta el rift de Colima. El Volcán de Colima está formado por varios derrames de lava de composición andesítica, flujos piroclásticos, depósitos de avalancha y depósitos de pomez de caída. Con el objetivo de determinar el perfil isotópico del Volcán de Colima y el origen de la fuente de magmas de afinidad alcalina y calcoalcalina contemporáneos en la región, se seleccionaron varios eventos volcánicos con edades conocidas. Se colectaron muestras representativas de dichos eventos, se analizaron elementos mayores, elementos traza, isótopos de Sr, Nd y por primera vez isótopos de Pb. Los resultados obtenidos hasta el momento corresponden a los eventos ocurridos desde hace 133 años hasta el presente (1869, 1913, 1962, 1998, 2001 y 2002). Los patrones de multielementos para los magmas alcalinos y calcoalcalinos presentan picos negativos de Nb y Ta, y un pico positivo de Pb, que son características de un ambiente de subducción. Las rocas alcalinas tienen patrones de tierras raras ligeras más enriquecidos que las rocas calcoalcalinas, así como ligeros enriquecimientos de tierras raras pesadas comparadas con las rocas calcoalcalinas, lo que sugiere la presencia de granate o anfíbol como fase residual en la fuente. Los isótopos de Pb muestran que las rocas de la erupción de 1913 tienen relaciones isotópicas de $206\text{Pb}/204\text{Pb}=18.570-18.585$ ligeramente más radiogénicos que los demás eventos; el e-Nd varía entre $+6.30$ y $+6.92$. El valor más alto le corresponde al evento de la formación del domo del 2002, y puede ser interpretado como el producto de la inyección de un magma que proviene de una fuente de tipo empobrecido. En comparación con otros estratovolcanes del CVM, como el Pico de Orizaba, Nevado de Toluca y Popocatepetl, los magmas del Volcán de Colima son isotópicamente los más primitivos del Cinturón Volcánico Mexicano.

GEOQP-03

GEOLOGÍA Y GEOQUÍMICA DE LA PORCIÓN SUR DEL GRABEN TEPIC-ZACOALCO: CAMPO VOLCÁNICO ACATLÁN, JAL.

Maldonado-Sánchez Ma. G.^{1,2}, Schaaf P.¹ y Rosas-Elguera J.³¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: magmaldonado@hotmail.com

² Consejo de Recursos Minerales³ Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad de Guadalajara

En el Bloque Jalisco (BJ), la diversidad de las rocas volcánicas que afloran es consecuencia del ambiente tectónico complejo que existe. Las unidades volcánicas pliocuaternarias, se concentran principalmente dentro los sistemas de fallas que forman los grabenes Tepic-Zacoalco, Chapala y Colima. En estas zonas, los centros eruptivos varían en la naturaleza y composición de sus productos alternando periodos de vulcanismo alcalino con calcoalcalino, así como riolítico con basáltico.

En la porción sur del Graben Tepic-Zacoalco, cerca de la confluencia con el Graben de Colima y Chapala, los productos volcánicos que constituyen el Campo Volcánico Acatlán (CVA) presentan bimodalidad en el sentido ácido-básico. Son depósitos que fueron emitidos a través de fisuras formando domos, conos de escoria y derrames de lava. La composición varía de riolítica (~70 wt% en SiO₂) a andesítica-basáltica (~54.8 wt% en SiO₂), observándose también de composición dacítica (~62.6 wt% en SiO₂).

El vulcanismo del CVA inició con la emisión de lavas andesítico-basálticas, constituidas por fenocristales de plagioclasa, clinopiroxeno y escasos cristales de olivino en matriz microlítica, así como de flujos dacíticos altamente fluidales con horizontes de esferulitas. La actividad continuó con la emisión de domos de composición riolítica, constituídos por cristales euhedrales a anhedrales de biotita y hornblenda de hasta 3 mm de tamaño, cristales de plagioclasa de 1 mm, así como escaso sanidino y cuarzo.

El vulcanismo explosivo esta representado por los flujos piroclásticos y de caída de la Ignimbrita Acatlán. Es un depósito que está constituido por varias unidades de flujo, con sus límites claramente definidos por una capa basal de grano fino; se observan surges y delgados horizontes de caída (~15 cm de espesor), ambos con clastos juveniles de pómez afírica de color blanca o rosa. Además presenta clastos de pómez de dos composiciones: pómez blanca de composición riolítica en la parte inferior y pómez traquiandesítica color negro en la porción superior del depósito. Esta unidad está afectada por fallas normales, que la ponen en contacto con las lavas andesítico-basálticas.

La actividad volcánica continuó con la extrusión de domos riolíticos y flujos piroclásticos asociados, así como de conos de lava dacítica y conos de escoria, culminando con la emisión de flujos de lavas masiva de composición traquiandesítica, constituida por cristales de clinopiroxeno y olivino.

La geoquímica de elementos mayores y elementos traza realizado a 10 muestras del CVA, indican de acuerdo al diagrama de sílice vs alcalis, que las rocas son de naturaleza calcoalcalina relacionadas a subducción. Esto se confirma con los patrones obtenidos de tierras raras, en los que existe un enriquecimiento de tierras raras ligeras respecto a las tierras raras pesadas. Las relaciones isotópicas obtenidas para 206Pb/204Pb varían de 18.61 a 18.74, la relación 207Pb/204Pb varía de 15.57 a 15.64 y 208Pb/204Pb varía de 38.37 a 38.67; los valores más bajos corresponden a las rocas andesíticas, mientras que los valores altos pertenecen a los flujos dacíticos. El ENd varía de 2.32 (lava dacítica) a 5.23 (andesita). Los datos isotópicos presentados indican influencia de la corteza continental superior, provenientes de un manto enriquecido, así como distintas fuentes que dieron origen a las rocas del CVA.

GEOQP-04

VARIACIONES PETROGRÁFICAS Y GEOQUÍMICAS-TEMPORALES DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Sosa-Ceballos G.¹, Solís-Pichardo G.², Schaaf P.³, Siebe C.³, Martínez-Serrano R.³, Hernández-Treviño T.³, Morales-Contreras J.³ y Hernández-Bernal M.S.²¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

E-mail: giovas@correo.unam.mx

² Instituto de Geología, UNAM³ Instituto de Geofísica, UNAM

El volcán Popocatepetl es un estratovolcán de composición andesítico-dacítica ubicado a 65 km al sureste de la ciudad de México. La edad de los principales eventos volcánicos no se conoce con precisión debido a la falta de fechamientos sistemáticos, en particular los eventos más antiguos al último colapso del cono, hace 22000 años. Tan sólo se tienen datos paleomagnéticos que limitan su edad por medio de polaridad normal, a no más allá de 730 mil años.

Como es característico en los estratovolcanes, la historia eruptiva del Popocatepetl está conformada por alternancias de eventos efusivos y explosivos. Estos últimos han provocado el colapso y destrucción parcial de la cima de las estructuras previas al edificio actual del Popocatepetl. En adición, erupciones piroclásticas recientes han cubierto y ocultado dichos eventos, lo que hace difícil la reconstrucción de la historia eruptiva del Popocatepetl. El objetivo de la investigación es el de identificar las posibles variaciones petrográficas y geoquímico-temporales de los principales eventos ocurridos en el volcán.

Los materiales hasta ahora estudiados consisten en pómez, dacitas, andesitas y escorias menores a los 22000 años. Existe una marcada dispersión de las concentraciones de elementos mayores para las lavas y escorias emitidas por el volcán, sobre todo para aquellos productos emitidos en los últimos seis años de actividad. Así se tienen concentraciones de sílice que van de 53.75 a 62.92%. No se observan cambios importantes en las

concentraciones de los elementos traza, mientras que algunas relaciones muestran variaciones importantes como Th/Hf (0.81 hasta 1.4) o en Ta/Yb (0.12 hasta 0.34).

Los resultados hasta ahora obtenidos permiten proponer la existencia de procesos de asimilación y contaminación cortical (por la inclusión de xenolitos de rocas metamórficas, sedimentarias y graníticas en las pómez) de los magmas. En adición, la presencia de pómez y lavas bandeadas con ligeras diferencias mineralógicas y químicas permiten también identificar la existencia de procesos incompletos de mezcla de magmas para los eventos menores a 22000 años. Estos resultados son importantes para el monitoreo del volcán, ya que permiten describir cambios en el magmatismo para los últimos seis años.

Actualmente se está trabajando en la caracterización de las relaciones isotópicas de Sr, Nd y Pb de los eventos volcánicos mayores a 22000 años para continuar con los estudios sobre las posibles variaciones con respecto al tiempo del Popocatepetl.

GEOQP-05

COMPARACIÓN MINERALÓGICA, GEOQUÍMICA E ISOTÓPICA ENTRE EL CAMPO VOLCÁNICO DE TENANGO, Y EL ESTRATOVOLCÁN NEVADO DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO

Raymundo G. Martínez-Serrano¹, Peter Schaaf¹, Gabriela Solís-Pichardo², Ma. del Sol Hernández-Bernal², Teodoro Hernández-Treviño¹ y Juan Julio Morales-Contreras¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: rms@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Instituto de Geología, UNAM

El campo volcánico de Tenango y el Nevado de Toluca son dos regiones vecinas pertenecientes al actual frente activo de la Faja volcánica Transmexicana. El campo volcánico está formado por más de 40 conos cineríticos, domos y derrames de lava de fisura, cuya distribución podría indicar la existencia de un fracturamiento distensivo este-oeste. El Nevado de Toluca es un estratovolcán formado en la intersección de tres sistemas de fallas, cuyos eventos parecen haberse iniciado hace 1.5 Ma. Los últimos eventos volcánicos del Nevado de Toluca son casi contemporáneos con la formación de conos en Tenango. Con el fin de contribuir al entendimiento sobre la procedencia y posibles eventos petrogenéticos ocurridos en ambas regiones volcánicas se realizó, de manera detallada, una caracterización mineralógica, geoquímica e isotópica de los principales eventos volcánicos.

La región de Tenango muestra diferentes productos volcánicos como escorias, lavas y cenizas cuya composición ha cambiado con respecto al tiempo de andesitas basálticas a andesitas. Las texturas son afaníticas con escasos fenocristales de plagioclasa (An54-60) y olivino (Fo84-86) en las andesitas basálticas. Clinopiroxeno (Wo35-45 En44-53 Fs7-14) y ortopiroxeno (Wo3-13, En70-88, Fs10-20.) se presentan en

finos cristales diseminados. En ciertas lavas se observa algunas veces cuarzo y olivino rodeados por coronas de reacción de clinopiroxenos de composición similar a la señalada anteriormente. Esto puede indicar la existencia de procesos incompletos de mezcla de magmas. Las lavas y pómez del Nevado de Toluca son predominantemente dacíticas aunque se pueden identificar pulsos de inyección andesítica en los eventos de 1.5 Ma, 24000 y 10000 años. Las texturas son en general porfídicas. Los fenocristales y microlitos de plagioclasa presentan una composición similar (An32-54), aunque se observan algunos cristales con zoneamiento normal. En la mayor parte de lavas y pómez derivados del Nevado de Toluca, únicamente se observa ortopiroxeno en fenocristales (Wo2-3 En70-78 Fs19-28 núcleos y Wo1-3, En55-76, Fs22-44 bordes). Esto permite fácilmente distinguir la procedencia de flujos piroclásticos similares derivados de otros volcanes. Existe también clinopiroxeno en algunas dacitas del Nevado pero en cristales pequeños y de composición similar a la obtenida en las lavas de Tenango. El anfíbol observado en los productos dacíticos del Nevado varía de pargasita a hornblenda-pargasítica muy similar a la de otros arcos volcánicos.

Datos geoquímicos de elementos mayores y traza muestran un carácter calcoalcalino para las rocas de ambas regiones. Ciertas relaciones de elementos traza e isotópicas indican que los magmas de las dos regiones fueron producidos por la fusión parcial de un manto empobrecido y modificado por fluidos de la placa en subducción. Los resultados geoquímicos permitieron además confirmar que los productos volcánicos de ciertos conos localizados en fallas este - oeste, en la región de Tenango, fueron producidas por un mismo fenómeno magmático, pero sin ninguna relación con los magmas del Nevado.

Los resultados isotópicos de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ varían de 0.7037 a 0.7042 para rocas del Nevado y de 0.7037 a 0.7045 para Tenango. El epsilon Nd varía de 4.37 a 6.67 para el estratovolcán y de 2.24 a 6.85 para el campo monogenético, lo que indican una muy baja contaminación cortical en comparación con otros estratovolcanes de la Faja Volcánica Transmexicana.

Los datos isotópicos de plomo son muy similares para las dos regiones estudiadas: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ varía de 18.553 a 18.689, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ varía de 15.544 a 15.617 y $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ varía de 38.192 a 38.496. Estos datos isotópicos de plomo definen una línea de mezcla entre una componente mantélica tipo MORB y una corteza continental de características isotópicas similares a las del complejo Acatlán. Finalmente, se puede afirmar que los productos volcánicos derivados del Nevado de Toluca fueron originados por una fuente con características muy similares e isotópicamente poco variable, mientras que las lavas y piroclastos de una gran parte del campo monogenético de Tenango muestran una relativa mayor variación geoquímica e isotópica lo que indican una mayor interacción de los magmas con la corteza.

GEOQP-06

MAGMATISMO ADAKÍTICO EN LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA: PETROGÉNESIS E IMPLICACIONES TECTÓNICAS

Arturo Gómez-Tuena¹, Fernando Ortega-Gutiérrez², Charles H. Langmuir³ y Steven L. Goldstein⁴

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Juriquilla, Qro., México

E-mail: tuena@servidor.unam.mx

² Instituto de Geología, UNAM

³ Department of Earth and Planetary Science, Harvard University, Cambridge, MA.

⁴ Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, NY.

Al menos cinco campos volcánicos miocénicos de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) contienen rocas ígneas con características adakíticas: altos contenidos de SiO₂ (>56%) y valores altos en las relaciones Sr/Y (>40) y La/Yb (>15). La señal adakítica de estas rocas también correlaciona con el grado de empobrecimiento isotópico: valores bajos en las relaciones 206, 207, 208Pb/204Pb y 87Sr/86Sr y valores altos en la relación 143Nd/144Nd. Estas características geoquímicas requieren de la fusión parcial de un componente litológico isotópicamente empobrecido que haya estabilizado granate en su paragénesis residual. Diversos estudios en arcos de islas han reconocido que el origen primario de estas rocas debe estar relacionado con la fusión parcial de la corteza oceánica subducida, metamorfozada en facies de eclogita o anfibolita. Sin embargo, definir el origen de estas rocas en un arco continental es mucho más complicado pues la fuente eclogítica o anfibolítica puede estar también ubicada en la corteza continental. Es decir, la señal adakítica observada en la FVTM puede estar relacionada también con la fusión y/o asimilación de la corteza continental. Existen varios argumentos que no son compatibles con la participación de la corteza continental en el origen de estos magmas: (1) Algunas de estas rocas fueron emplazadas en zonas en donde el espesor cortical no excede los 25-30 km y por lo tanto el granate no debería ser una fase estable en la corteza inferior; (2) Los datos isotópicos de los xenolitos corticales colectados en México son muy distintos a los de las rocas adakíticas. Por ejemplo, las adakitas del Mioceno medio colectadas en Chalcatzingo, Morelos, cuya composición isotópica es casi indistinta a la del MORB pacífico, contienen xenolitos anfibolíticos y granulíticos con granate, pero su composición isotópica es mucho más enriquecida. Por lo tanto, el origen de estas adakitas no puede estar relacionado con la fusión parcial y/o la asimilación de los xenolitos que contiene; (3) Es notable que las rocas volcánicas plio-cuaternarias de la FVTM no muestran valores altos en la relación Sr/Y a pesar de que con frecuencia alcanzan el mismo contenido de SiO₂. Si la corteza continental fuera la responsable de la formación de las adakitas miocénicas, y el basamento cortical no ha variado significativamente en los últimos 16 Ma ¿por qué no observamos la misma señal adakítica en rocas más recientes? Los argumentos y los datos descritos anteriormente señalan que los mecanismos tectónicos

operantes durante la evolución temprana de la FVTM debieron ser favorables para inducir la fusión parcial de la corteza oceánica. El establecimiento de una geometría de subducción esencialmente horizontal durante el Mioceno medio probablemente permitió la transferencia del foco principal de magmatismo hacia porciones muy alejadas de la trinchera (~500 km), y también parece ser la responsable de producir un recalentamiento anómalo en la placa oceánica subducida e inducir su fusión parcial.

GEOQP-07

MORFOLOGÍA Y RASGOS ESTRUCTURALES DEL ANILLO DE LA CALDERA TILZAPOTLA

Leticia A. Alba y Dante J. Morán

Instituto de Geología, UNAM

E-mail: aldave@servidor.unam.mx

Las ignimbritas y lavas del centro volcánico de Tilzapotla son los restos de una gran caldera de aproximadamente 35 km de diámetro que se formó durante el Eoceno. A pesar de que se encuentra en una zona en la que se han efectuado diversos trabajos clásicos de autores como Fries, no había sido reportada. Gracias a una imagen de satélite fue posible observar su rasgo semicircular y se pensó que podía tratarse de una caldera. A partir de este descubrimiento se trató de reconocer los diferentes elementos morfológicos y estructurales de una caldera como son: el borde topográfico, la pared interior, el collar de colapso, las fallas de anillo, el relleno intracaldera, el piso de la caldera y la cámara magmática.

Para su estudio, la caldera Tilzapotla cuenta con tres ventajas: 1) se encuentra profundamente erosionada, lo que ha permitido observar secciones del dique de las fallas de anillo y parte de la cámara magmática; 2) se formó en una zona de afloramiento de rocas cretácicas marinas lo que facilitó la identificación del collar de colapso conformado por brechas calcáreas en matriz ignimbrítica; 3) es una estructura aislada lo que ha permitido definir el borde de la caldera a pesar de encontrarse tan denudada y con el relieve invertido.

Al norte de Huitzuc y en el cañón Cacahuaxtla se han podido observar fragmentos del dique de anillo formado por rocas subvolcánicas de composición dacítica.

A lo largo de la Autopista México Acapulco se encuentran afloramientos espectaculares de brecha de caliza con matriz de ignimbrita que se acumularon durante el colapso de la caldera. Estas brechas se pueden dividir en dos grupos de acuerdo al tamaño de sus fragmentos: 1) mesobrechas formadas por clastos de caliza pequeños a medianos y 2) megabrechas formadas por clastos tan grandes que no es posible distinguir la naturaleza fragmentaria del afloramiento.

La mesobrecha se puede interpretar como resultado del deslizamiento de pequeños fragmentos de las paredes de la caldera que se depositaron simultáneamente con las ignimbritas, mientras que las megabrechas se formaron a partir

de grandes derrumbes de las paredes durante las etapas iniciales del colapso y se encuentran en la parte baja de la secuencia de relleno.

GEOQP-08

NA-LOSS AND K-ENRICHMENT IN COMENDITES OF THE AMAZCALA CALDERA, QUERÉTARO, MÉXICO. AN EXAMPLE OF A CORRECTION APPLIED TO HYDRATED GLASSES

Aguirre-Díaz Gerardo¹ y Lozano-Santacruz Rufino²

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Juriquilla, Qro., México

E-mail: ger@geociencias.unam.mx

² LUGIS, Instituto de Geología, UNAM

The Amazcala caldera is 30 km northeast of Queretaro City, Mexico, in the central sector of the Mexican Volcanic Belt. It is 14x11 km in size and was active at 7.3-6.6 Ma ago.

All caldera products are peralkaline rhyolites, more precisely comendites. Secondary hydration caused Na-loss and K-enrichment on pumices, a relatively common process in silicic glasses. The major element chemistry of the hydrated pumices was corrected on the basis of the relatively dryer co-magmatic obsidian also erupted by this caldera. The corrected values substantially changed the original classification scheme of the Amazcala caldera units and avoided geochemical misinterpretations. The glasses analyzed are mostly non-devitrified and with similar high SiO₂ contents, but they are hydrated. This hydration is particularly high in the pumices, and low in the obsidians, as shown by the corresponding loss of ignition (LOI) values of XRF analyses. Na₂O and K₂O are the most affected major components. This is evident in the total alkali-silica (TAS) and in the SiO₂-K₂O classification plots that show an unreal enrichment of K₂O up to almost 8 wt%. In contrast, components apparently not affected by hydration such as Al₂O₃, change little with respect LOI. Therefore, a correction must be applied to the measured values of Na₂O and K₂O in order to have useful data.

The effect of total water, assumed here to mostly accounts for the LOI content, in Na₂O and K₂O show two tendency lines, the former decreases and the latter increases with hydration. As the obsidians represent the glasses that remained practically unchanged with LOI variation, their Na₂O and K₂O values were used as the reference "unchanged" values with hydration. The relative difference in percent (RD%) of the pumice glass with respect obsidian was used to obtain the correction factor to be applied. We used the equation of the curves from the plots of measured Na₂O and measured K₂O with their corresponding RD% (Table 1). The glasses of Amazcala caldera were then corrected, including the obsidians. However, the correction needed for obsidians was practically zero. In contrast, the pumices needed higher correction values, reaching correction factors of over 3. The measured values were re-calculated on the basis of this correction. These new calculated values were normalized volatiles-free and the normalized data were used in all the classification plots.

By comparing the differences in the TAS and SiO₂-K₂O classification plots using the corrected and uncorrected values, the unreal 8 wt% values of K₂O changed to the more realistic values of about 5 wt%. Without correction the alumina-saturation classification of the Amazcala pumices would be peraluminous instead of peralkaline and therefore, they would not be comendites as defined by MacDonald (1974). This correction could be applied in other volcanic centers that include non-devitrified co-magmatic pumices and obsidians with about the same SiO₂ contents.

GEOQP-09

BOSTONITA Y LAMPRÓFIDOS CALCIALCALINOS EN EL NORESTE DEL ESTADO DE ZACATECAS

Luis Enrique Ortiz Hernández, José de Jesús Parga Pérez,

Kinardo Flores Castro y Otilio Arturo Acevedo Sandoval

Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad

Autónoma del Estado de Hidalgo

E-mail: leoh@uaeh.reduaeh.mx

Un cuerpo hipabisal de bostonita y diques y dique-estratos melanocráticos ricos en hornblenda del clan de los lamprófidos calcialcalinos (espesartitas y appinitas), ocurren en el noreste del estado de Zacatecas, cerca del límite con el estado de Coahuila. Estas rocas forman parte de dos complejos plutónico-hipabisales con afinidad alcalina y calcialcalina formados de gabro, diorita, sienodiorita, sienita y monzonita, que intrusan rocas calcáreas y clásticas mesozoicas en la sierra de El Astillero-Rocamontes, en la porción sudoccidental de la Curvatura de Monterrey.

La sierra de El Astillero-Rocamontes corresponde a una sierra elongada que forma un anticlinorio con plegamiento asimétrico orientado al NW-SE. El análisis estructural de las formaciones calcáreas y clásticas en el área estudiada muestra un rumbo promedio de estratificación de N36°W; 13°NE. Las fallas normales que afectan a los pliegues forman dos sistemas: el principal con un rumbo N65°E; 75°NW y el subordinado con rumbo N70°-75°W; 70°SW.

Las sienitas y monzonitas hospedan mineralización aurocuprífera en stockworks con malaquita o azurita y oro nativo o electrum, asociado con hematita, goethita y jarosita en zonas de oxidación o como reemplazamiento en skarns de grosularita o andradita-dióxido±wollastonita; la bostonita y sienitas albergan vetas de barita y existe diseminaciones de minerales de uranio (torbernita y tyuyamonita) de origen hidrotermal en brechas dolomitizadas de la Formaciones Zuloaga y La Caja.

La ocurrencia de la bostonita y los lamprófidos a proximidad de rocas alcalinas en el vecino estado de Coahuila y su estrecha relación con un lineamiento regional (lineamiento de Ciénega de Rocamontes con orientación NW40°-52°SE y longitud >60 km) interpretado como una falla a rumbo senestral de edad laramídica, que limita al E el bloque de Concepción del Oro y es casi paralelo al lineamiento de San

Tiburcio, que marca el límite entre los terrenos tectonostratigráficos Tepehuano and Guachichil, sugiere un régimen tectónico transpresivo que causó fracturamiento profundo en una corteza de tipo continental, lo que propició el emplazamiento de magmas de tipo bostonítico-lamprofídico.

GEOQP-10

CARACTERÍSTICAS PETROLÓGICAS Y GEOQUÍMICAS DE LOS BASALTOS DE PUNTA MITA, NAYARIT

Cruz-Ocampo Juan Carlos^{1,2}, Prol-Ledesma Rosa Ma.¹ y Canet Carles¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: ccarlos@tonatiuh.igefcu.unam.mx

² Facultad de Ingeniería, UNAM

La península de Punta Mita, Nayarit, se ubica en el límite NW del Bloque de Jalisco, en el extremo occidental de la Faja Volcánica Transmexicana. En la Península de Punta Mita, Nayarit, Se encuentran diversos afloramientos de rocas extrusivas, dentro de estas rocas se tienen riolitas al NW de Punta Mita fechadas por Gastil, 1979, con 11.1 Ma., las cuales corresponden a la Sierra Madre Occidental. Basaltos de Punta Negra fechados por Gastil, 1979, con 10.2 Ma., así como basaltos hacia la parte SE entre Punta Pantoque, Punta el Burro y Punta las Cargadas en flujos de lava basálticas, diques y flujos piroclásticos con clastos de basalto vesicular, estas rocas no han sido estudiados a detalle y algunos autores las refieren, pero en realidad hablan de rocas ubicadas hacia Punta Rosa, al NE de Punta Mita.

Las rocas de la porción SE corresponden a flujos de lavas basálticas del tipo de basaltos vesiculares, los cuales se prolongan desde la costa hasta el piso marino, se encuentran intercalados con flujos piroclásticos los cuales contienen clastos de basalto vesicular, areniscas epiclásticas y arenisca-conglomerado, también se aprecian en la costa pillow lavas asociadas a lavas basálticas, estas rocas presentan una alteración abundante sobre todo de la matriz, en promedio de un 50% al 60% de la roca total, esto es un factor de ha impedido realizar fechamiento a las rocas y el uso de determinados diagramas, por la movilidad de los elementos (incertidumbre).

Las rocas se clasifican como Basalto a Basalto vesicular, de textura afanítica, vesicular. Presenta la siguiente mineralogía: Plagioclasas en fenocristales de euhedrales a subhedrales de textura seriada, zonada y maclada, en ocasiones como glomeroporfidios asociados a piroxenos y olivino, también como microcristales formando parte de la matriz de la roca asociados a vidrio, celadonita, carbonatos, material arcillosos y óxidos e hidróxidos de Fe. Clinopiroxeno-Augita, en fenocristales y microcristales de euhedrales a subhedrales, en glomeroporfidios con plagioclasa y olivino, también diseminados en la matriz. Olivino se aprecian fenocristales y microcristales anhedrales en glomeroporfidios con plagioclasas y clinopiroxenos, también diseminados en la matriz al igual que zircón y barita

(accesorios). Minerales opacos (magnetita, pirita), como secundarios: hematita, goethita-limonita, celadonita (como alteración parcial de la matriz y como relleno parcial de vesículas, calcita (en vetillas y como relleno parcial de vesículas), zeolitas (heulandita, analcima, como relleno parcial de vesículas), devitrificación de la matriz y materiales arcillosos (palagonita? y esmectita?).

Por tanto se concluye que se trata de basaltos (diagrama de Winchester & Floyd, 1977), característico de ambiente tectónico intra placa (diagrama de Pearce & Cann, 1973; Pearce & Norry, 1979) y carácter químico de basaltos calci-alcalino (Irving & Baragar, 1971), presentando afinidad con las series calci-alcalinas de la Faja Volcánica Transmexicana que se asocian a un magmatismo y vulcanismo indicativo de zonas de subducción. Los basaltos de Punta Mita se asocian a un rifting continental por la tectónica extensional en el oeste de México del Neógeno (Mioceno-Plioceno).

GEOQP-11

FORMACIÓN DE MONTÍCULOS DE CALCITA EN LAS VENTILAS HIDROTERMALES SUBMARINAS DE PUNTA MITA, NAYARIT, MÉXICO

Carles Canet¹, Rosa María Prol-Ledesma¹, Juan Carlos Cruz-Ocampo¹ y Joan-Carles Melgarejo²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: ccanet@tonatiuh.igefcu.unam.mx

² Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals, Universitat de Barcelona, España

La formación de numerosos montículos de calcita en relación a la actividad hidrotermal submarina de Punta Mita (Nayarit, México) proporciona un ejemplo excepcional de depósito submarino de toba calcárea. La actividad hidrotermal que origina los montículos consiste en una emisión de agua y gas a 85°C, a unos 10 m de profundidad, a través de una fisura de 100 m de longitud desarrollada en rocas basálticas parcialmente cubiertas por sedimentos no consolidados. El gas se compone principalmente de nitrógeno (88%) y metano (12%), y el agua termal está significativamente diluida respecto al agua de mar (salinidad del término extremo de 1.51%). La emisión de fluidos hidrotermales se focaliza en un conjunto de ventilas o surgencias submarinas separadas por algunos metros, alrededor de las cuales se desarrollan los montículos de toba calcárea. Debido a la escasa profundidad, la acción de las corrientes y del oleaje limitan el desarrollo de los montículos. El mayor montículo que se ha identificado alcanza 2.5 m de diámetro y 0.75 m de altura. Aparte de calcita, en los montículos hay cantidades variables de barita, sulfuros (principalmente pirita y cinabrio) y fosfatos (carbonatohidroxilapatito), además de abundantes fragmentos detríticos y bioclásticos que son cementados por la calcita. Las rocas encajonantes de composición basáltica están alteradas hidrotermalmente a una asociación de celadonita, calcita, zeolitas y pirita.

Los montículos submarinos de toba calcárea de Punta Mita muestran muchas similitudes texturales con los depósitos de travertino que usualmente se forman en las fuentes termales subaéreas. Texturalmente se reconocen dos generaciones de calcita. La primera desarrolla agregados botroidales de cristales fibrosos de hasta 250 micras de longitud, mientras que la segunda cementa los fragmentos detríticos y bioclásticos y rellena la porosidad, y consiste en agregados de cristales idiomórficos de algunas decenas de micras. Los análisis isotópicos realizados en los cristales de calcita muestran un fuerte empobrecimiento en ^{13}C , proporcionando valores de $\delta^{13}\text{C}$ muy negativos (valor mínimo de -39.2‰ PDB). Estos valores corroboran el importante papel de las comunidades bacterianas en el proceso de precipitación de la calcita, mediante la oxidación del metano emitido por las ventilas. Punta Mita constituye un ejemplo inusual de precipitación de carbonatos derivada de la oxidación bacteriana de metano bajo condiciones hidrotermales.

GEOQP-12

**LAS ROCAS MÁFICAS: CARACTERÍSTICAS
MINERALÓGICAS Y GEOQUÍMICAS DEL EVENTO
VOLCÁNICO PINACATE, CAMPO VOLCÁNICO EL
PINACATE NW DE SONORA, MÉXICO**

Paz Moreno Francisco A.¹ y Demant A.²

¹ Depto. de Geología, Universidad de Sonora
E-mail: paz@aurora.geologia.uson.mx

² Laboratoire de Pétrologie Magmatique, Uni. Aix-Marseille, Francia

El Campo Volcánico El Pinacate (CVP), situado en el extremo NNW de Sonora, es el campo volcánico Cuaternario (~ 1.5 Ma a 10 ka.) más grande de la región noroccidental de México, con una superficie de ca. 2000 Km². Es conocido por su riqueza en morfologías volcánicas, en variedad y cantidad de edificios (>400 volcanes), y por el excelente estado de conservación de sus afloramientos.

Se presentan 52 nuevos análisis químicos de roca total, representativos las rocas máficas del CVP. Pertenecen a los afloramientos del Evento Volcánico Pinacate considerado de edad cuaternaria-histórica.

Las lavas de este Evento son por lo general porfíricas con fenocristales de plagioclasa > olivino>clinopiroxeno, aunque a veces el clinopiroxeno>olivino, y en ocasiones aparecen óxidos Fe-Ti. Estos fenocristales están contenidos en una matriz que tiene la misma mineralogía de los fenocristales y a menudo suele dominar el clinopiroxeno o los óxidos de Fe-Ti; es frecuente la presencia de vidrio de tipo sideromelano.

Las 52 lavas geoquímicamente analizadas están conformadas por los siguientes grupos litológicos: 28 basaltos, 23 hawaitas y 1 mugearita.

El 40% de las lavas presentan nefelina normativa y ésta domina en las hawaitas; sobre el 60% restante aparece la hiperstena normativa pero se caracteriza por la ausencia de cuarzo normativo.

Son lavas relativamente evolucionadas, generalmente con valores de $\text{Mg}\# < 55$ salvo raras excepciones, son pobres en Cr y Ni, contienen $\text{TiO}_2 > 2$ y son predominantemente sódicas.

Se trata de rocas de naturaleza alcalina a transicional alcalina, emplazadas en un ambiente tectónico de intraplaca continental.

GEOQP-13

**PETROLOGÍA DEL VOLCANISMO TERCIARIO DE
AFINIDAD POTÁSICA, RANCHOS SAN HIPÓLITO Y EL
CÚMARO, MPIO. DE TRINCHERAS SONORA, MÉXICO**

Tarazón Pacheco Ramses A. y Paz Moreno Francisco A.

Depto. de Geología, Universidad de Sonora

E-mail: paz@aurora.geologia.uson.mx

El objetivo de este estudio es cartografiar, establecer la columna estratigráfica y caracterizar las rocas volcánicas del Terciario, localizadas en el área comprendida entre los ranchos San Hipólito-El Cúmaro Mpio. de Trincheras, Sonora, sobre la base de estudios de campo, petrográficos y geoquímicos.

El área de estudio se encuentra aproximadamente a 148 Km. al NNW en línea recta de la Ciudad de Hermosillo. Las rocas volcánicas terciarias de presumible edad Mioceno, son lavas que ocurren a manera de intercalaciones de derrames y derrames brecha, generalmente porfíricas.

Petrográficamente se dividen en grupos: Grupo I.- Basanita de olivino-flogopita y latita de clinopiroxeno Grupo II.- Basalto de olivino, andesita de hornblenda y dacita de hornblenda.

Los dos grupos petrográficos bien establecidos y diferenciados, permitieron afinar la estratigrafía volcánica y constatar que las unidades agrupadas petrográficamente, no ocurren en asociaciones espacio-temporales discretas, sino que se emplazan de forma alternada, dando como resultado una trama compleja de unidades.

El estudio geoquímico, toma como base lo dos grupos petrográficos definidos, confirmando así su existencia. Al grupo I se le denomina Volcanismo Shoshonítico y al grupo II, Volcanismo Calcoalcalino alto en potásico. Esta nomenclatura que tiene una connotación genética, está sustentada sobre la base de la estratigrafía volcánica, petrografía y se confirma con la geoquímica de elementos mayores y trazas y mineralogía normativa. Se trata de un volcanismo potásico con asociación de lavas de la serie Calcoalcalina alta en K; y lavas de la serie Shoshonítica. Algunos óxidos mayores individuales o combinados permiten discriminar los dos grupos: El cociente $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=1$, en el shoshonítico el cociente es > 1 ; el $\text{Al}_2\text{O}_3 < 15\%$ y el $\text{P}_2\text{O}_5 > 0.52$, en cambio en el calcoalcalino es lo opuesto. Estas observaciones permiten demostrar que se trata de dos líneas evolutivas que parten de puntos opuestos y convergen hacia un punto común. Los elementos trazas, particularmente el cociente Y/Zr , concentra a ambos grupos en el dominio del Magmatismo asociado a la

subducción. Una asociación magmática como la que se propone: Calcoalcalina alta en K y shoshonítica, es típicamente característica de un ambiente tectónico de subducción en margen continental activo.

GEOQP-14

DATOS GEOQUÍMICOS E ISOTÓPICOS DE LAS ROCAS VOLCÁNICAS DE LA FORMACIÓN TARAHUMARA EN EL SUR DE SONORA

Roldán-Quintana Jaime¹, McDowell Fred W.² y Valencia-Moreno Martín¹

¹ Instituto de Geología, UNAM, Estación Regional del Noroeste, Hermosillo, Sonora

E-mail: jaimer@servidor.unam.mx

² Department of Geological Sciences, University of Texas, Austin Texas

La Formación Tarahumara aflora ampliamente en las regiones de Suaqui Grande-Onavas y Santa Rosa, localizadas a unos 90 y 190 km al SE de Hermosillo respectivamente. Esta unidad fue definida por Wilson y Rocha (1949), para designar derrames, aglomerados y brechas de flujo de composición principalmente andesítica en algunos lugares intercalados con sedimentos.

Investigaciones más recientes han demostrado que la Formación Tarahumara consiste de tres miembros: (1) uno inferior de dacitas porfídicas, con intralaciones menores de ignimbritas de composición riolítica, cuyo espesor varía de 500-1500 m. En su parte basal presenta una edad U-Pb de 89 Ma; (2) un miembro intermedio que consiste de lentes de areniscas, limolitas y calizas con lentes y horizontes de pedernal que contienen raíces de palmeras y otras plantas de agua dulce, del Cretácico Tardío, con un espesor de más o menos 60 m; (3) un miembro superior que consiste principalmente de ignimbritas y tobas de composición riolítica ricas en cristales con escasos derrames de andesita. De la base del miembro superior se obtuvo una edad de 69 Ma. Al oriente del área Suaqui Grande-Onavas, al este del Río Yaqui, en el miembro superior de la Formación Tarahumara se obtuvo una edad de 72 Ma. Todas estas edades son más antiguas que las edades del Batolito de Sonora publicadas hasta ahora.

Con el fin de investigar la relación genética entre las rocas volcánicas de la Formación Tarahumara y los batolitos laramídicos, se estudiaron química e isotópicamente algunas muestras de rocas volcánicas. Debido a que la mayor parte de las rocas volcánicas de la Formación Tarahumara se encuentran alteradas hidrotermalmente, únicamente se pudieron estudiar siete muestras de los miembros inferior y superior.

Se analizaron muestras de andesita y dacita por elementos mayores cuyos resultados se graficaron en un diagrama AFM y de acuerdo a los límites establecidos por Irvine y Baragar (1971), todas las muestras salvo una son de naturaleza calcoalcalina. En los diagramas de variación de sílice, las andesitas y dacitas, con un contenido de SiO₂ entre 55 y 61%,

muestran valores de FeO total de 6-7.8%; MgO de 1.2-3.8%; CaO de 2-6.8%; Na₂O de 2.5-5.8%; K₂O de 0.7-3.4%. Las gráficas de los valores de tierras raras normalizadas muestran un enriquecimiento de tierras raras ligeras característico de los arcos de margen continental mostrando una débil anomalía de europio. Dos muestras de la Formación Tarahumara fueron analizadas por isótopos de Rb-Sr y Sm-Nd, una de las cuales dio valores de epsilon neodimio de -6.2 y 87Sr/86Sr inicial de 0.7071, mientras que la segunda arrojó valores de epsilon neodimio de -4.6, y un valor de la relación 87Sr/86Sr inicial de 0.7064. Comparados con los datos existentes, los valores isotópicos de muestras de los intrusivos del Batolito de Sonora, se observa que estos valores son muy similares.

Con base en la cartografía, edad y composición geoquímica se puede probar por primera vez que las rocas volcánicas de la Formación Tarahumara constituyen el complemento volcánico de los batolitos laramídicos. También se concluye en base a los datos isotópicos que este arco fue formado con la participación de corteza continental. Igualmente, se puede concluir que al igual que las rocas batolíticas, las firmas isotópicas de Nd y Sr de la Formación Tarahumara, sugieren un importante componente de corteza antigua en la fuente del magma.

GEOQP-15

PETROLOGÍA VOLCÁNICA Y EVIDENCIAS ISOTÓPICAS EN ROCAS PLIOCUATERNARIAS DEL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Arturo Martín-Barajas, Bodo Weber y Manuel Aragón-Areola
 Depto. de Geología, CICESE
 E-mail: amartin@cicese.mx

La parte norte del Golfo de California presenta actividad volcánica reciente en gran parte cubierta por la sedimentación terrígena de los aportes del Río Colorado. La ubicación de montes submarinos y actividad volcánica efusiva en esta región se efectuó mediante perfiles sísmicos de alta resolución colectados en 1999 en el B/O Francisco de Ulloa y de perfiles sísmicos de PEMEX realizados a principios de los 80. Dos campañas oceanográficas a bordo del B/O Ulloa muestrearon montes submarinos y afloramientos de depósitos volcánicos utilizando un nucleador de impacto. La composición química de los montes submarinos y de rocas volcánicas pliocuaternarias en el litoral de Baja California indica productos diferenciados que varían de andesita basáltica a riolita, con actividad predominantemente explosiva. Las muestras colectadas en Cuenca Delfín Inferior corresponden a fragmentos de lava vítrea vesiculada de composición andesítica (56.1 % SiO₂). Otros montes submarinos en el flanco occidental de Cuenca Delfín Superior y en la zona de fractura Tiburón resultaron muestras de pómez riolítica y dacítica, respectivamente. Roca Consag, un domo dacítico que emerge en cuenca de Wagner es la única manifestación volcánica que aflora en el norte del Golfo.

La composición isotópica de Nd y Sr de dos muestras de composición andesítica y dacítica tienen valores consistentes que indican una fuente empobrecida en elementos litófilos ligeros (LIL) con respecto a CHUR/UR ($\epsilon_{\text{Nd}} = +4.5$ y $+4.1$, $87\text{Sr}/86\text{Sr} = 0.7038$, y 0.7037 , respectivamente). Sin embargo los mismos datos indican también que la fuente de estas muestras es más primitiva y menos empobrecida que MORB; interpretamos que (1) el manto de donde provienen los magmas es relativamente primitivo o (2) los magmas reflejan una mezcla del manto empobrecido con otro componente más rico en elementos LIL. Las composiciones isotópicas de Pb confirman estos resultados, dado a que los datos caen entre las líneas de evolución de plomo de Stacey & Kramers (1975) y del manto según Zartman & Haines (1988). Una muestra de pómez riolítica de un monte submarino en el flanco SW de Cuenca Delfín Superior presenta un valor de ϵ_{Nd} de $+2.4$. También el plomo de esta muestra riolítica es más radiogénico que el plomo de la andesita y la dacita. Los datos isotópicos sugieren que la riolita representa una mezcla entre manto empobrecido y una componente cortical más grande que en las otras dos muestras. La razón de $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ de 0.7066 en la pómez riolítica es muy alta comparada con la composición isotópica de Nd y se debe a la alteración del vidrio con agua del mar. Estos resultados sugieren que la actividad volcánica asociada al rift en el norte del Golfo de California tiene una fuente en el manto astenosférico, con diversos grados de diferenciación y/o contaminación con la corteza continental. Los productos volcánicos menos diferenciados en las cuencas del Golfo provienen de Cuenca Delfín Inferior donde es posible que la corteza esté oceanizada y esté iniciando la dispersión de piso oceánico en el norte del Golfo de California.

GEOQP-16

PETROLOGIA COMPARATIVA DE LA BRECHA SUEVITICA EN LA ESTRUCTURA DE IMPACTO CHICXULUB

Vera Sánchez Pedro

Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: pveras29@netscape.net

La estructura de impacto Chicxulub, es en la actualidad probablemente el rasgo geológico de mayor interés en la comunidad mundial de ciencias de la tierra, no solo por sus dimensiones y efectos asociados, sino por su grado de preservación. El presente trabajo tiene como finalidad establecer la naturaleza petrológica del Basamento en la Península de Yucatán y sus implicaciones en la evolución morfológica y estructural de este cráter impacto. Las unidades litológicas derivadas de un evento de esta clase, permiten elaborar modelos de todos y cada unos de los procesos involucrados en el proceso de craterización. De forma muy particular la brecha de tipo suevítica, brinda una mayor cantidad de información sobre la secuencia estratigráfica pre impacto.

La abundancia de fragmentos provenientes del basamento cristalino, nos da la oportunidad por primera vez conocer la naturaleza petrológica de las unidades mas antiguas en el Bloque de Yucatán. Permitiendo además de restringir las dimensiones y morfología de la estructura, aportar valiosa información en los modelos de evolución tectónica del Golfo de México. En tres de los 9 pozos perforados con fines exclusivamente académicos, se recupero brecha de tipo suevítico, en cada caso se observaron porcentajes variables en el contenido de fragmentos de rocas cristalinas, predominando las siguientes litologías granitos, granodioritas, esquistos y gneises. De los resultados obtenidos, hasta este momento sabemos que el basamento esta constituido por un terreno metamórfico de medio a alto grado de edad Panafricana cortado por plutones del Silúrico tardío, mismos que pueden correlacionarse desde el punto de vista geoquímico con las Montañas Mayas en Belice, dejando entre ver la posibilidad de que las Unidades en dicha zona se continúen al centro norte de la península.

GEOQP-17

REFERENCIAS ISOTÓPICAS Y PATRONES GEOQUÍMICOS DE UN LOTE DE SERPENTINITAS ARQUEOLÓGICAS DEL SITIO OLMECA DE LA MERCED, VERACRUZ, MÉXICO

Jasinto Robles-Camacho¹⁻²⁻³, Hermann Köhler¹, Peter Schaaf⁴ y Ricardo Sanchez-Hernández²

¹ Institut für Mineralogie, Petrologie und Geochemie, Ludwig-Maximilians-Universität-München, Deutschland
E-mail: itzmairbles@hotmail.com

² Instituto Nacional de Antropología e Historia, México

³ Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

⁴ Instituto de Geofísica, UNAM

Desde la sociedad más primitiva hasta la más evolucionada en Mesoamérica dejaron constancia de su conocimiento sobre los materiales líticos. Así, se reconoce que emplearon toda clase de rocas y minerales en labor lapidaria, ornamental, para esculturas o pendientes, etc. Entre otros, el uso de rocas verdes de composición serpentinitica fue importante dentro de la cultura Olmeca (1,200-500 años A.C.), donde se estimaron más de 5,000 toneladas de ese material sólo en el sitio arqueológico de La Venta, Tabasco. Durante las excavaciones de 1985 y 1987 en los sitios olmecas de El Manatí y La Merced, Veracruz, se encontraron numerosas esculturas antropomorfas y hachas de serpentinita. Debido a que la parte nuclear de esta sociedad fue asentada en la planicie costera del Golfo de México, región donde no existen masas rocosas de grandes dimensiones, se hace el cuestionamiento sobre la procedencia de la materia prima empleadas para la elaboración de esculturas u objetos serpentiniticos. Esta pregunta ha llevado a la aplicación de criterios geoquímicos e isotópicos para su respuesta.

Las actividades de este proyecto geoarqueométrico han sido: 1) el trabajo de campo con muestreo de afloramientos de serpentinita representativa de los terrenos tectonoestratigráficos Mixteco y Cuicateco del sur de México, y Maya de Guatemala, además del reconocimiento composicional de clastos en las playas de ríos que descienden de la Sierra de Juárez y descargan hacia la planicie costera del Golfo de México; 2) trabajo de laboratorio con los análisis microscópico, geoquímico e isotópico de serpentinitas representativas de cada uno de estos terrenos, así como de 17 muestras de hachas de serpentinita del sitio La Merced. Esto ha permitido hacer comparaciones entre muestras geológicas y arqueológicas, para reconocer semejanzas.

Del análisis petrográfico y por microsonda electrónica se concluye que en las piezas arqueológicas se tienen texturas de "interconexión" o "interdigitadas", con tramas dadas por las serpentinas antigorita-lizardita-crisotilo $[\text{Mg}_3 (\text{Si}_2\text{O}_5) (\text{OH})_4]$, con minerales accesorios de la serie de la espinela $[\text{Cr}, \text{Ni}, \text{Ti}, \text{Mn}, \text{MgAl}_2\text{O}_4]$, anfíboles de tremolita $\text{Ca}_2 (\text{Mg}, \text{Fe})_5 (\text{Si}_8\text{O}_{22}) (\text{OH})_{22}$, esfena $(\text{Ti}, \text{CaSiO})$ y abundantes aureolas de cloritas del tipo peninita $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_6 [(\text{OH})_8 (\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}]$. El vanadio correlacionado con otros elementos traza como Ti, Cr, Ni, Zn, permiten hacer configuraciones de cierta concordancia con las observaciones microscópicas.

Las relaciones isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para la actualidad en serpentinitas arqueológicas varían de 0.70567 a 0.71258, y sus valores $\epsilon\text{-Nd}$ (hoy) son de -5.4 a +6.6. Esos valores son semejantes a los determinados en muestras geológicas de los terrenos Cuicateco y algunas del Mixteco. El recálculo de esos valores para 800 y 1000 Ma, plasmados en el diagrama $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs. $\epsilon\text{-Nd}$ indican una génesis común para ese tiempo geológico. De esa manera es deducible un metamorfismo más intenso en las muestras del terreno Cuicateco que en las muestras arqueológicas, a pesar de tratarse aparentemente de las referencias más afines.

Por tratarse de un proyecto piloto, se han considerado pocas muestras geológicas, las cuales en primera instancia serían representativas de una localidad y en conjunto de una región determinada; es de esperar que la historia geológica registrada en estas rocas podría ser decodificada con el uso de los argumentos geoquímicos e isotópicos citados. Partiendo de este argumento se concluye por la petrografía, la geoquímica de elementos traza, las mediciones microquímicas y la isotopía de los elementos Sm, Nd, Rb y Sr, que la fuente de materia prima más probable de las serpentinitas arqueológicas del sitio La Merced –analizadas hasta ahora–, se hallan en la región de Vista Hermosa-Valle Nacional-El Llanón, Oaxaca, a lo largo de la traza de la falla inversa Vista Hermosa, dentro del terreno Cuicateco.

GEOQP-18

DATACIÓN (U+Th)/He DE FLUORITAS DEL SUR DE MÉXICO

Teresa Pi¹, Jesús Solé¹ y Yuri Taran²¹ Instituto de Geología, UNAM

E-mail: tpuig@geol-sun.igeolcu.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

La fluorita se presenta en una gran variedad de depósitos minerales y algunos tipos de rocas sedimentarias e ígneas. Su datación permitiría en muchos casos la resolución de problemas geológicos que dependen de la edad del depósito o roca en la que se encuentra la fluorita. La bibliografía muestra que se han realizado dataciones por el método Sm/Nd con buenos resultados, sin embargo, muchas fluoritas tienen un rango limitado de relaciones Sm/Nd y/o una edad demasiado baja para poder ser datadas por este método.

Un estudio detallado de los depósitos de fluorita del Sur de México, junto con una exhaustiva revisión de la bibliografía existente sobre los yacimientos de fluorita a nivel mundial, muestran que este mineral puede presentar concentraciones de U+Th elevadas, en el rango 1-100 microgramos/g (incluso miles de microgramos/g). Según nuestro estudio, el U y el Th se localizan principalmente en inclusiones de uraninita u otros minerales portadores de estos dos elementos. La presencia de U y Th en la fluorita permite suponer, a priori, la existencia de concentraciones elevadas de ^4He (partículas alfa) que se generan durante la desintegración radioactiva natural del U y el Th en Pb. La producción de ^4He es proporcionalmente muy elevada si se compara con otros sistemas de datación radioactiva. Si a esto se une la facilidad de extracción del helio de la muestra por simple fusión y una separación química relativamente sencilla por ser un gas noble, parece factible la aplicación del método clásico (U+Th)/He a la fluorita.

Estamos ensayando esta técnica de datación en fluoritas del depósito ?La Azul?, distrito minero de Taxco, Guerrero. El ^4He se mide con un espectrómetro de masas de gases nobles VG1200 en el Instituto de Geología de la UNAM. El U y el Th se determinan por ICP-MS. Los primeros datos muestran la presencia de una concentración elevada de ^4He , del orden de $10\text{e-}9$ moles/g. Actualmente estamos llevando a cabo las determinaciones de U y Th que nos permitirán saber si las edades son coherentes con la geología regional.

Los principales problemas encontrados durante este estudio son: a) la difusión del ^4He parece ser bastante elevada en la fluorita, aún a bajas temperaturas (80-100°C); b) la localización del U y el Th en inclusiones de uraninita dentro de la fluorita genera una distribución irregular del ^4He . Estos dos problemas se minimizan escogiendo cristales milimétricos bien formados y comparando los resultados obtenidos en diferentes generaciones de fluorita de un mismo depósito. Estos análisis están entre los primeros del mundo realizados en este mineral y consideramos que son de gran interés por tratarse de un nuevo método para la datación de depósitos minerales.

DIRECT DATING OF EL ARCO PYRITES BY $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

Margarita Lopez Martinez¹, Patrick E. Smith², Bodo Weber¹,
Norman M. Evensen², Derek York² y Remigio Martínez Muller³

¹ Depto. de Geología, CICESE

E-mail: bweber@cicese.mx

² Dept. of Physics, University of Toronto

³ Grupo México

Precise dating of ore deposits has proven difficult to perform, the main obstacle being that ore deposits do not contained measurable amounts of the radiogenic isotopes of interest. Thus it is common practice to analyse the silicate minerals in the ore host presumed to be cogenetic. However, the silicate minerals are not always available and when they are, it is not generally clear if they are contemporaneous with the ore deposit. Direct dating by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ of a Cu-Zn deposit, was attempted using pyrite and cogenetic biotite. This pioneer work was performed with an MS10 mass spectrometer. Due to the low sensitivity of this instrument, hundreds of mg of high purity pyrite concentrates were needed. In spite of the small Ar volume released, the isochron ages obtained from the step heating analysis of the bulk samples, were in good agreement with those obtained with the biotite. The K content in the pyrite samples is ≤ 50 ppm. It is believed that the $^{40}\text{Ar}^*$ and ^{39}Ar in the pyrite, come from micro-inclusions, which remain protected for argon diffusion inside this "shielding". Further $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ experiments were not pursued, because the pyrite samples become highly radioactive from the ^{55}Fe produced during irradiation. Several years of technology improvement in $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ experiments were needed to return to pyrite dating. Recently $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ pyrite dating was revisited, this time it was applied to single crystals using a laser beam to fuse the crystals and a VG 1200d mass spectrometer equipped with a Phillips electron multiplier. The study was successfully applied to pyrite, amphibole and phlogopite single crystals separated from igneous rock samples.

In this study we attempted to unravel the age of the El Arco porphyry copper deposit (EAPC) applying $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ laser dating of single crystals and rock chips. The EAPC is located in Baja California, in a geographic position that distinguish it from other known copper deposits from inland Mexico, which are mostly associated with the emplacement of Laramide batholiths. In contrast, the EAPC is embedded in metavolcanic rocks of an Early Cretaceous volcanic arc that was intruded by the Peninsular Ranges Batholith (PRB). Cu mineralization is concentrated in a core of potassic alteration in shallow plutonic rocks surrounded by propylitic alteration in andesitic lavas. Mafic dikes that intruded the EAPC are not mineralized but they are affected by low grade metamorphism. The primitive island arc-related intrusions to the west are older (140–105 Ma) than the more evolved igneous rocks from the eastern zone PRB (105–80 Ma). Earlier attempts to date the EAPC by conventional K-Ar dating yielded ages between 93 to 107 Ma, indicating a relation to the eastern PRB. Granodiorite, diabase

and andesite rock samples from drill cores inside and outside the mineralization zone were collected. The freshest samples were selected for $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating. Hornblende, biotite, pyrite and whole rock samples were prepared. The samples were irradiated in the research reactor of McMaster University and were analyzed with the laser probe of the University of Toronto. The majority of the experiments yielded perturbed age spectra. The whole rock chip of sample EAD-267-16 yielded a good plateau age of 95.2 ± 0.8 Ma for 9 consecutive fractions that represent 76.3% of the ^{39}Ar released. The pyrite samples proved more difficult than expected, the K contents were extremely small for the majority of the samples analyzed. The best results were obtained with the pyrite crystals separated from granodiorite samples EAD-185-5 and EAD-20-3. The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ pyrite experiments consisted of single-step fusions except for a four step-heating analysis performed on a crystal from sample EAD-182-5. The later yielded an integrated age of 138.0 ± 2.5 Ma. The single fusion experiments together with the integrated results of the step-heating experiment, define an isochron age of 137 ± 1.4 Ma with an initial $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ of 340 ± 12 . We interpret this result as the most probable age of formation of EAPC. The range of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages together with the age spectra obtained for the hornblende, biotite and whole rock chips, give testimony of the pervasive metamorphism which occurred ~ 95 Ma ago, the mineral inclusions protected by the pyrite shield contain the time record of their formation, indicating that the mineralization is not related to the intrusion of the PRB.

GEOQP-20

CHEMICAL AND ISOTOPIC EVIDENCE FOR AN
OCEANIC ISLAND ARC ORIGIN OF THE EL ARCO
PORPHYRY COPPER DEPOSIT, BAJA CALIFORNIA. – A
SUSPECT LINK TO A SUSPECT TERRANE?

Bodo Weber¹, Margarita López Martínez¹ and Remigio Martínez Muller²

¹ Depto. de Geología, CICESE

E-mail: bweber@cicese.mx

² Grupo México

The El Arco porphyry copper deposit (EAPC) is located in central Baja California 3km north of the border between Baja California and Baja California Sur. Its geographic position makes the EAPC different from other porphyry copper deposits known from mainland Mexico, Arizona, and New Mexico, which are mostly associated with the emplacement of Laramide (~ 80 –50 Ma) batholiths into continental crust.

The Peninsular Ranges Batholith (PRB), which is the predominant geological structure of Baja California, is exposed north of EAPC. Primitive island arc-related (Alisitos arc) intrusions to the west are older (140–105 Ma) than more evolved igneous rocks from the eastern zone of the PRB (92–98 Ma). Previous workers have linked the EAPC to continental arc magmatism, however, close to and south of El Arco none of these rocks are exposed. Ophiolites and high pressure rocks

crop out ~100km west and southwest of El Arco at the west coast of central Baja California. These rocks of Late Jurassic (?) age are believed to be part of an oceanic arc terrane (Cochimi terrane) that was accreted to Baja California during the Cretaceous. The structural border between the Cochimi terrane, the Alisitos arc, the PRB, and other pre-batholithic low grade metamorphic rocks, is not known. The EAPC is located in between all of these units, but most of the area is covered by younger sediments. The porphyry intrusion is embedded in meta-volcanic rocks of at least Early Cretaceous age. Cu mineralization is concentrated in a core of potassic alteration in shallow plutonic rocks surrounded by propylitic alteration in andesitic lavas. Mafic dikes that intruded the EAPC are not mineralized but they are affected by low-grade metamorphism.

We present results from major and trace element analysis as well as Pb-, Sr-, and Nd-isotopes. Chemical data from andesites and porphyry intrusive rocks define them as typical volcanic arc rocks (negative Nb anomalies, fractionated REE-patterns etc.). Diabase dikes, instead, show less fractionated REE-patterns with higher HREE and Y contents as well as higher TiO_2 . We interpret the dikes as to be formed most probably in a back-arc rift environment. The Pb isotope data (whole rock, quartz, feldspar, sulfides) indicate: (1) the intrusive body and the surrounding andesites evolved from a similar source with an average μ -value of 9.43, indicating mostly mantle provenance; (2) no external lead was added during Cu-mineralization; (3) Pb-isotope ratios from the mafic dikes are similar to sulfides and K-feldspar from the porphyry; (3) Pb-isotope compositions of whole rock and plagioclase from the porphyry were slightly disturbed (supply of more radiogenic Pb) while K-feldspar and sulfides from the same samples were not. Sr and Nd isotopes show that all the rocks at EAPC evolved from a more or less depleted mantle reservoir. Nd-isotopic composition of the dikes ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.5128\text{-}0.51295$) indicate that they come from the most depleted source, while andesites and porphyry intrusive rocks allow some mixing with material from a less depleted mantle source and/or sediments. More radiogenic Sr ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7041\text{-}0.7044$) in some of the rocks are consistent with the results from the Pb-isotopes and indicate a secondary mixing process by alteration and/or metamorphism. However, this process is clearly posterior to the Cu-mineralization event.

Our data favor a geological model in which the EAPC was formed within an oceanic island arc without any (or very few) influence of material from the continent. Dike magmatism during back-arc rifting can be the source for metals and sulfides. The formation of EAPC is not linked to the PRB. A genetic relation to the oceanic island arc and ophiolites of the Cochimi terrane can be considered, instead. In this scenario, Sr- and Pb-isotopic distortion is the consequence of a separate thermal event after the accretion of the supposed oceanic arc. This caused a low grade metamorphic overprint in all rocks from EAPC, and this latter event is most probably linked to PRB magmatism.

GEOQP-21

LAS RIOLITAS CON TOPACIO DE LA REGIÓN DE SAN LUIS POTOSÍ (MÉXICO): CARACTERÍSTICAS DE LAS LAVAS Y CONDICIONES DE CRECIMIENTO DE LOS TOPACIOS

Jacques L. Leroy¹, Rodolfo Rodríguez Ríos² y Sarah Dewwonck¹

¹ Université Henri Poincaré-Nancy 1, Vandœuvre-lès-Nancy cedex, France

² Facultad de Ingeniería e Instituto de Geología UASLP
E-mail: rrios@uaslp.mx

En México, las riolitas con topacio se encuentran principalmente en la región de San Luis Potosí (estados de San Luis Potosí y Guanajuato). Estas riolitas se presentan bajo la forma de domos los cuales están relacionados a una tectónica extensional de edad terciaria. Tres domos del Campo Volcánico de San Luis Potosí fueron seleccionados para este estudio, en función del color, de la forma y del tamaño de los topacios que ellos contienen, con el fin de determinar las características de las lavas y las condiciones de crecimiento de los topacios. Estas riolitas, ricas en sílice y alcalinos, son metaluminosas a ligeramente peraluminosas. Ellas están enriquecidas en flúor y en elementos incompatibles como el Rb, Cs, Ta, U y Th, y empobrecidas en Ba, Sr, Ca, Mg, Ti y Ni. De esta manera ellas son muy similares a las riolitas con topacio del Oeste de los E.U.A.

En el "Cerro Gato" se observan topacios de color ámbar, así como incoloros, los cuales cristalizan principalmente en fracturas, y en pequeños huecos. Tomando en cuenta el medio de crecimiento, la morfología, la composición química y las características RPE de estos diferentes cristales, es posible de proponer un modelo de cristalización y de explicar las diferencias de color observadas. Así, los topacios incoloros del "Cerro Gato" cristalizaron a una temperatura superior a 500°C (ausencia de centros coloreados) y a partir de fluidos ricos en elementos provenientes de la lava, mientras que los topacios de color ámbar cristalizaron a una temperatura inferior a 500°C (presencia de centros coloreados) y a partir de un fluido más rico en elementos volátiles (As). Los topacios del "Cerro Lobo" tienen características intermedias entre los topacios incoloros y los topacios de color ámbar del "Cerro Gato".

EVOLUCION GEOQUIMICA DEL MAGMATISMO EN EL AREA DEL CAMPO VOLCANICO DE CAMARGO, CHIHUAHUA, MEXICO

Miguel Royo-Ochoa¹⁻², Jaime Urrutia-Fucugauchi³, Ofelia Morton-Bermea⁴, Luis Alva-Valdivia³ y Elizabeth Hernández-Alvarez⁴

¹ Secretaría de Investigación y Posgrado, Facultad de Ingeniería, UACH, Chihuahua, Chih., México
E-mail: mroyoo_2000@yahoo.com

² Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

³ Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM

⁴ Laboratorio Universitario de Geología Isotópica, Instituto de Geofísica, UNAM

Dentro del programa de intercambio académico la Facultad de Ingeniería U.A.CH. y el Instituto de Geofísica, U.N.A.M., se han venido desarrollando estudios interdisciplinarios en el estado de Chihuahua, los cuales forman parte de un proyecto de investigación, que permitirá comprender mejor el entorno geológico de la zona, conceptualizado dentro de un marco tectónico regional.

El área que ocupa en la actualidad el Estado de Chihuahua, la comparten dos provincias fisiográficas: la de la Sierra Madre Occidental (al oeste) y la denominada Southern Basin and Range (parte central y este), ambas reflejan en forma general la historia geológica del área; y así mismo en forma singular la evolución del magmatismo, cada una en la porción que ocupa. Parte de esa historia se encuentra en el Campo Volcánico de Camargo, ubicado en el centro-sureste del estado.

Durante el Cenozoico Tardío, volcanismo basáltico (sensu lato) se va a depositar sobre rocas volcánicas de composiciones: ácida e intermedia, ambas de edades Terciarias; las cuales a su vez sobreyacen a rocas sedimentarias carbonatadas del Cretácico Inferior, que son las rocas más antiguas que afloran en la región.

Al realizar los trabajos de campo en la zona, se llevó a cabo el muestreo de distintos flujos volcánicos, principalmente los del Cenozoico Tardío. Posteriormente fueron seleccionadas las muestras más representativas, y fueron determinados geoquímicamente: óxidos mayores y elementos traza.

La evaluación de los datos geoquímicos se verificó con ayuda de diagramas de clasificación, diagramas normados de tierras raras vs. condrita, spidergramas y diagramas de discriminación para determinar el ambiente tectónico.

Esta evaluación nos lleva a la conclusión de que durante el Cenozoico Tardío se dio un volcanismo alcalino intraplaca relacionado a tectónica de extensión.

ESTRATIGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS VOLCÁNICAS DE LA FORMACIÓN HUIZACHAL EN LA REGIÓN DE ARAMBERRI, ESTADO DE NUEVO LEÓN

Elena Centeno García y Ciro Díaz Salgado

Instituto de Geología, UNAM

E-mail: centeno@servidor.unam.mx

La secuencia sedimentaria continental que aflora al noreste de Aramberri, cerca del poblado de El Mezquital ha sido descrita como parte de la Formación Huizachal, aunque su edad no ha sido determinada. En un estudio detallado de la estratigrafía y sedimentología de dicha formación se determinó que la columna esta formada hacia la base por una secuencia de derrames de composición riolítica, intercalados con escasos estratos de limolita roja, y cubiertos por una secuencia de limolitas, areniscas y conglomerados depositados en un ambiente subacuoso. Estos depósitos están intercalados con conglomerados, matriz soportados, depositados en un ambiente fluvial, que cambian hacia la cima de la columna a capas delgadas de yesos intercalados con limolitas y areniscas que presentan estructuras primarias comunes en ambientes de playa e intermarea. La cantidad de yeso y limolita aumenta hasta cambiar transicionalmente a calizas de estratos delgados, margas y limolitas calcáreas. La columna estratigráfica sugiere un ambiente de depósito transicional de continental a marino. Los conglomerados contienen abundantes clastos de riolita (90%), y escasos clastos de granito, basaltos foliados, cuarzo y esquistos. En cuanto a la estructura, el afloramiento del paquete riolítico se encuentra en el núcleo de un pliegue recumbente, por lo cual presenta un crucero bien desarrollado, asociado al plegamiento. No se observó foliación o afloramientos de esquistos que indiquen un mayor grado de deformación, uq habían sido mencionados anteriormente por Bartolini et al (1999).

Las rocas volcánicas presentan contenidos de Sílice de 70 a 75 y de Potasio de 4 a 6, cuyos valores corresponden a riolitas. Los patrones de tierras raras muestran un enriquecimiento en tierras raras ligeras (LaN entre 61 y 72), empobrecimiento en pesadas (YbN entre 7 y 6) y con anomalía de Eu. Dichos patrones son similares a los obtenidos en riolitas asociadas a zonas de subducción. Aunque los valores de Yb, Th y Sc son típicos de zonas de subducción, en el diagrama de multielementos, normalizados a MORB, de Pearce no presenta anomalía de Nb y sus valores son similares a la composición promedio de la corteza continental. La estratigrafía es similar a ambientes de rift, y la composición de los derrames indica un magmatismo continental evolucionado, con probable influencia de una zona de subducción, lo cual sugiere un probable ambiente de tras arco en condiciones de extensión.

ORIGEN DE LAS DOLOMITAS DE LA FORMACIÓN CUPIDO EN EL CAÑÓN DE BUSTAMANTE EN EL NORESTE DE MÉXICO: RESULTADOS DE GEOQUÍMICA ISOTÓPICA Y TERMOMETRÍA EN INCLUSIONES FLUIDAS

Guzzy-Arredondo G.¹, Murillo-Muñetón G.², Grajales-Nishimura M.J.², Morán-Zenteno D.J.¹, Lounejeva-Baturina E.¹ y Martínez-Ibarra R.²

¹ Instituto de Geología, UNAM

E-mail: gguzzy@hotmail.com

² Instituto Mexicano del Petróleo

La Formación Cupido es parte de una secuencia formada en un extenso sistema de plataforma carbonatada desarrollado entre el Hauteriviano tardío y el Aptiano temprano.

Los estudios previos sobre la estratigrafía interna de la Formación Cupido han mostrado la transición del margen de la plataforma a la cuenca y su historia deposicional.

El Cañón de Bustamante es una de las localidades donde se encuentra mejor expuesta dicha formación. En esta sección se han descrito cuerpos de dolomita, cuya distribución es restringida e irregular en el miembro inferior. En el miembro superior, consistente en capas de ciclos transgresivos y regresivos, la dolomitización se observa distribuida de forma más masiva. Los detalles de la relación entre el proceso de dolomitización y las litofacies primarias no han sido totalmente definidos.

Con el objeto de conocer el origen de los fluidos dolomitizantes y de las condiciones físico químicas bajo las cuales ocurrió el proceso de dolomitización, se han realizado estudios isotópicos, de microanálisis geoquímico y de termometría en inclusiones fluidas.

Los estudios preliminares revelan que los valores obtenidos para las relaciones isotópicas $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ de las calizas primarias son afines a los valores isotópicos del agua de mar del Aptiano, mostrando una firma isotópica original. La geoquímica isotópica del estroncio realizada en las dolomitas es cercana a la de las calizas primarias, sugiriendo que los fluidos dolomitizantes provinieron del agua de mar. La termometría realizada en las inclusiones fluidas dentro de la dolomita indica que el fluido dolomitizante estaba dentro de un rango de temperatura entre 190 y 195°C. Las temperaturas son mayores a las estimadas para un proceso de sepultamiento normal, lo cual sugiere que la dolomitización a estas temperaturas ocurrió por la presencia de una anomalía térmica.

CARBONATITA LA YUCA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Joel Mora Loera y Ignacio A. Reyes Cortés

Facultad de Ingeniería, UACH

E-mail: joelmoraloera@hotmail.com

El estudio trata sobre el descubrimiento de los afloramientos de posibles carbonatitas (Comadurán *et al.*, 1996) localizadas en el noreste del estado de Chihuahua, dentro de la provincia del Basin and Range, muy particularmente al este de Ahumada, Chihuahua. Esta región ha experimentado un tectonismo de compresión típico relacionado a la subducción de la placa Farallón debajo de la plana de Norteamérica, para que posteriormente sufra un segundo periodo de tectonismo, pero en esta ocasión de tipo distensivo que se inició hace 32 Ma. A este tectonismo distensivo se le conoce como el periodo de distensión Basin and Range.

Las carbonatitas de Ahumada, Chihuahua están expuestas en tres localidades llamadas la Yuca, la Mariana y el Indio, siendo el afloramiento de la Yuca el motivo de este trabajo. La geología del área de estudio indica que los afloramientos están constituidos por carbonatitas, intrusivos graníticos, y principalmente tobas y lavas, así como algunas brechas hacia los contactos y diques que atraviesan la secuencia volcánica. La Carbonatita Yuca esta formando un stock de 900 m de diámetro, además se tiene un cuerpo brechado que aflora en una área de 500 por 350 m, así como numerosos diques. Los principales minerales presentes en el intrusivo que forma la Carbonatita La Yuca son la calcita, la calcita rica en hierro y la hematita, así como la ocasional presencia de fluorita.

Los magmas que dieron origen a la Carbonatita Yuca sufrieron una fuerte diferenciación en condiciones de bajas presiones de fugacidad de oxígeno ($f\text{O}_2$) durante la cual se tuvo la oportunidad de un enriquecimiento progresivo en hierro (Ravi, 2000). La composición de los diferentes tipos de carbonatitas están basadas en la concentración de los elementos principales dentro de una secuencia de diferenciación progresivamente más alta. La secuencia diferenciada de los elementos en las carbonatitas incluye los siguientes tipos: Magnesiocarbonatitas, calciocarbonatitas y ferrocronatitas. Por otro lado se tiene que las concentraciones de torio, uranio, niobio, ytrio y los elementos de las tierras raras se incrementan significativamente con la diferenciación de las rocas ígneas y en particular con las carbonatitas. Las carbonatitas tienen enriquecimientos del orden de más de 20,000 veces del valor de fondo de las condritas en elementos como el lantano y cerio (Ravi, 2000).

En este estudio se definen y determinan con detalle los contactos y las relaciones litoestratigráficas de la Carbonatita La Yuca con las unidades volcanoclásticas y piroclásticas que encajonan a la carbonatita. También se definen las zonas de exoeskarn y de endoeskarn que están relacionadas con los contactos de la carbonatita. Se levantó una cartografía de

detalle de los afloramientos del área de la Carbonatita La Yuca, localizados al este de Ahumada, Chihuahua, así mismo se hicieron estudios petrográficos sistemáticos de muestras estratégicas para definir los contactos. Se presentan secciones de la estructura y el plano geológico del área, así como las composiciones químicas disponibles.

GEOQP-26

**PETROLOGY, THERMOBAROMETRY AND
GEOCHEMISTRY OF LOWER CRUSTAL XENOLITHS
FROM THE CENTRAL MEXICAN VOLCANIC BELT**

V.A. Valencia, K. Righter, J. Chesley and J. Ruiz
University of Arizona
E-mail: victorv@geo.arizona.edu

Because of its inaccessibility, lack of xenoliths and exposed basement terrains, the nature of the lower crust in volcanic arcs is poorly understood. Yet, many magmatic processes in arcs occur within the lower to middle crust. The Mexican Volcanic Belt is no exception. Although assimilation of crust is thought to be involved in many magmatic systems (e.g., Parícutin, McBirney *et al.*, 1987; Jorullo, Luhr and Carmichael, 1985), the petrology and composition of the deep crust has remained uncertain.

This study consists of a suite of 10 crustal xenoliths, collected from the Rincon de Parangueo maar in the Michoacan-Guanajuato Volcanic Field (MGVF). The MGVF is a large, diffuse, monogenetic volcanic field in the central part of the Mexican Volcanic Belt, and consists of shield and maar volcanoes, and cinder cones (Hasenaka and Carmichael, 1985). A Pleistocene to Recent maar field near Valle de Santiago is comprised of calc-alkaline and alkali basalt; several of the pyroclastic deposits contain crustal xenoliths including granulites and magmatic cumulates (Righter and Carmichael, 1993).

Five of the xenoliths are two pyroxene, basic granulites. A variety of thermobarometers yield equilibration conditions of 900 to 1000 °C, and 8 to 12 kb. One of the xenoliths is a hornblende-bearing metagabbro, also recording lower crustal pressures and similar temperatures to the basic granulites. One of the xenoliths is an olivine-, clinopyroxene-, plagioclase- and two oxide-bearing metacumulate, similar in mineralogy to gabbroic xenoliths from nearby maars, but relatively recrystallized. There is an olivine-bearing two pyroxene granulite that also records lower crustal pressures and temperatures. Finally, two of the xenoliths are banded gneisses that also contain minor quartz, hornblende and biotite in addition to major plagioclase, pyroxenes and oxides. These xenoliths are more silica-rich (60 to 65 wt% SiO₂ and low Mg # in px (40-42), yield lower temperatures (800 to 850 °C), but contain no reliable pressure information.

The xenolith suite as a whole record oxygen fugacities that are higher than those recorded in mantle xenoliths in the region (Luhr and Aranda-Gomez, 1997). The presence of oxidized

crust suggests that assimilation processes in magma chambers may produce oxidized, evolved magmas. Major and trace element geochemistry of the crustal xenoliths is similar to other crustal xenoliths studied in Mexico (Roberts and Ruiz, 1989), with the exception that there are more gabbroic and metagabbroic xenoliths present in the MGVF localities than in non-arc localities. These data indicate that sedimentary rocks have been tectonically emplaced underneath the Mexican Volcanic Belt. This also has been reported in north central Mexico (Robert and Ruiz, 1989).

References:

- Hasenaka, T. and Carmichael, I.S.E., 1985, *Geof. Int.* 24, 577-607
Luhr, J.F. and Aranda-Gomez, J.J., 1997, *Jour. Petrol.* 38, 1075-1112
Luhr, J.F. and Carmichael, I.S.E., 1985, *Contributions to Mineralogy and Petrology* 90, 142-161
McBirney, A.R., Taylor, H.P., and Armstrong, R.L., 1987, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 95, 4-20
Righter, K. and Carmichael, I.S.E., 1993, *American Mineralogist*, 78, 1230-1245
Roberts, S. and Ruiz, J., 1989, *Journal of Geophysical Research*, 94, 12499-12509.

GEOQP-27

**GRUPO PIAXTLA, COMPLEJO ACATLÁN, SUR DE
MÉXICO: UN EJEMPLO DE METAMORFISMO
ECLOGÍTICO Y MAGMATISMO POR DECOMPRESIÓN**

Alejandra Bonilla-Ramos, Mariano Elías-Herrera, Fernando Ortega-Gutiérrez y Margarita Reyes-Salas
Instituto de Geología, UNAM
E-mail: alebon@hotmail.com

El Grupo Piaxtla es una unidad clave en la evolución tectónica del Complejo Acatlán, consiste en cuerpos ultrabásicos, metabasitas y metasedimentos (Formación Xayacatlán) y metagranitoides peraluminosos estrechamente relacionados (Granitoides Esperanza) que en conjunto manifiestan una historia compleja de deformación y metamorfismo de alta presión. La Formación Xayacatlán se ha interpretado como fragmentos de litosfera oceánica atrapados en una zona de subducción, transportados y eclogitizados durante un evento de colisión continental ordovícico-silúrico. Se considera que los granitoides representan el magmatismo sintectónico de asentamiento profundo relacionado con este evento orogénico.

El Grupo Piaxtla en el área de San Francisco de Asís-Santa Cruz Organal, al norte de Tehuiztzingo, Puebla, está conformado por lentes y boudines pequeños de eclogitas encajonados en paragneises de fengita-granate intensamente plegados. Los paragneises contienen intercalaciones (desde 10 cm hasta más de 100 m de espesor) concordantes y graduales de metagranitos de fengita-granate-rutilo con estructura de augengneis a escalas diferentes, así como segregaciones

granítico-anatexíticas abundantes que son concordantes y discordantes a la foliación/bandeamiento de los gneises. Las eclogitas presentan grados diferentes de anfibolitización y varían desde eclogita fresca con onfacita (Di44Jd30Acml8Hd08) + granate (Alm54Grs28Prp15Sps02) + rutilo $\pm$ fengita (Si = 3.2-3.3 p.u.f.) $\pm$ epidota/zoisita, hasta eclogitas con abundancia de simplectitas de anfíbol + plagioclasa a partir de núcleos de onfacita, y anfibolitas de granate (metaeclogitas) con anfíbol + granate (Alm55Grs21Prp21Sps03) + rutilo + plagioclasa + epidota/zoisita en equilibrio textural perfecto. La asociación metamórfica en los paragneises y metagranitos es cuarzo + feldespato potásico + albita/oligoclasa + fengita + granate (Alm61Grs15Prp20Sps04) + rutilo $\pm$ epidota $\pm$ turmalina. La asociación fengita + granate + rutilo es más abundante en los paragneises, mientras que la fracción cuarzofeldespática es predominante en los metagranitos. Los rangos de P-T que se han estimado para el metamorfismo eclogítico es de 14-15 kb y 600-650 °C.

Durante la decompresión/exhumación de las rocas eclogíticas hubo un incremento de temperatura, lo cual es sugerido por la estrecha relación entre la migmatización con segregaciones leucosomáticas abundantes en los paragneises de fengita-granate y la anfibolitización de las eclogitas. Relaciones texturales y mineralógicas en los paragneises y anfibolitas, tales como coronas de biotita titanífera y de ilmenita alrededor de granate y rutilo, así como recristalización de granate con una relación mayor de Prp/Grs y rehomogeneización de fengita (Si=3.1-3.2 p.u.f.) con incorporación e intercrecimiento de biotita/flogopita, son consistentes con esta interpretación. Con base en lo anterior, y dada la relación petrográfico-mineralógica compleja y la naturaleza del contacto entre los paragneises micáceos y los metagranitos, se propone la relación siguiente entre ambas unidades. 1. Los metagranitos se generaron por deshidratación y fusión parcial de los paragneises al elevarse la temperatura durante la decompresión, en la transición de la facies de eclogita a la de anfibolita, o parte alta de la facies de anfibolita. 2. La deshidratación de los paragneises, con el consecuente incremento en la actividad de fluidos propiciando la anfibolitización de las eclogitas y la migmatización y generación de magmas graníticos, ocurrió mediante la reacción fengita1=fengita2 + feldespato potásico + cuarzo + biotita/flogopita + agua, la cual fue responsable de los cambios en el contenido de Si en la fengita de alta presión.

GEOQP-28

P-T PATH, AND GEOCHEMISTRY OF MAFIC ECLOGITES FROM THE XAYACATLAN FORMATION, ACATLAN COMPLEX

Diana Meza-Figueroa¹, Oscar Talavera-Mendoza², Joaquín Ruiz³ y Julio César De la Cruz¹

¹ Depto. de Geología, Universidad de Sonora

E-mail: d6meza@hotmail.com

² Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero

³ Department of Geosciences, Universidad de Arizona

Eclogitas, esquistos azules y anfibolitas de granate de tres localidades específicas se utilizaron para reconstruir parcialmente la historia tectonometamórfica del Complejo Acatlan. Eclogitas contienen granate (almandino) + piroxeno calco-sódico + fengita + zoisita/clinozoisita + cuarzo $\pm$ anfíbol calco-sódico (barrosita) $\pm$ albita $\pm$ rutilo. Los esquistos azules contienen glaucófano + albita + zoisita/clinozoisita + clorita. Anfibolitas de granate contienen piroxeno + anfíbol cálcico (magnesiohornblenda y pargasita) + moscovita + granate + plagioclasa + epidota + cuarzo. Relaciones de fase y texturales, edades radiométricas disponibles en literatura, así como determinaciones termobarométricas indican que el metamorfismo de facies eclogita tuvo lugar durante el Ordovícico a temperaturas en el rango de 560 ± 60 °C y presiones entre los 11 y los 15 kbar. Las eclogitas tuvieron retrogresión a facies epidota-anfibolita y esquistos verdes durante su exhumación. Datos termobarométricos sugieren que la retrogresión ocurrió a temperaturas de 510 ± 20 °C y presión de 6 kbar para la facies de epidota-anfibolita, y de 300 ± 25 °C y 3.5 kbar para la facies de esquistos verdes.

Geoquímica en las eclogitas de la Formación Xayacatlan, muestra que representan material oceánico mezclado con rocas continentales durante la subducción. Análisis de elementos mayores y traza en eclogitas máficas de las áreas de Mimilulco, Piaxtla e Ixcamilpa, muestran grupos geoquímicamente coherentes: protolitos consistentes con firmas de basalto de dorsal (MORB), basaltos de arco oceánico (VAB), y basalto de isla oceánica (OIB). La trayectoria P-T y los datos geoquímicos sugieren un ambiente mucho más complejo que modelos previamente propuestos.

GEOQP-29

ESQUISTOS AZULES EN EL COMPLEJO ACATLÁN, (SUR DE MÉXICO): IMPLICACIONES TECTONOMETAMÓRFICAS

Oscar Talavera Mendoza¹, Diana María Meza Figueroa², Julio Cesar de la Cruz Vargas³ y Ricardo Vega²

¹ Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero

E-mail: oscartalavera@prodigy.net.mx

² Departamento de Geología, Universidad de Sonora

³ Posgrado en Geología, Universidad de Sonora

Se reporta el descubrimiento de esquistos azules en rocas de la Formación Xayacatlán, Complejo Acatlán, en la región de la Montaña, en los límites de los estados de Puebla y Guerrero. En esta región, las rocas de la Formación Xayacatlán afloran en un cinturón con tendencia general NE-SW y se encuentran estructuralmente encima de las cuarzitas y filitas de la Formación Cosoltepec. En muchos sitios, la Formación Xayacatlán está asociada a los Granitoides Esperanza cuya relación original se encuentra fuertemente tectonizada. En la región de Santa Gertrudis, las formaciones Xayacatlán y Granitoides Esperanza están intrusionados por granitos de muscovita post-tectónicos.

En esta región, la formación Xayacatlán se compone esencialmente de anfibolitas de epidota-granate y esquistos verdes con abundantes intercalaciones de esquistos pelíticos y cuarzo-feldespáticos de muscovita-granate. No se han encontrado fases distintivas de la facies de eclogita que definen a la formación. En el camino entre Ixcamilpa y Coacalco, la formación Xayacatlán se compone de una alternancia de esquistos pelíticos de muscovita-clorita y de esquistos verdes con actinolita, epidota, y clorita fuertemente cizallados. En esta secuencia se intercala un horizonte distintivo de aproximadamente 80 m de esquistos azules provenientes esencialmente de metabasitas y escasos lentes de metapedernal.

Los esquistos azules son rocas fuertemente plegadas y foliadas caracterizadas por la presencia de la asociación anfíbol azul (glaucófano, katophorita, winchita, barroisita, richterita) + albita + epidota + clorita ± actinolita ± muscovita en rocas de composición básica y la asociación anfíbol azul (glaucófano, winchita) + albita + granate manganesífero (espesartina) + clorita en los metapedernales. Estas asociaciones son características de la parte media de la facies de esquistos azules. La actinolita, albita, epidota y clorita aparecen como las principales fases de retrogresión.

La termobarometría indica que los esquistos azules se formaron a temperaturas en el rango de 315-330°C y presiones entre 5 y 7 Kb mientras que la retrogresión tuvo lugar a temperaturas entre 340-350°C y presiones del orden de los 2 Kb.

La presencia de esquistos azules en la formación Xayacatlán del Complejo Acatlán en la región de la Montaña pone de manifiesto una evolución tectonometamórfica mucho

más compleja que la sugerida en los modelos actuales por lo que éstos deben ser revisados a la luz de los nuevos datos aquí reportados.

GEOQP-30

NUEVAS EDADES DE GRANITOIDES METAMORFIZADOS DEL COMPLEJO ACATLAN EN EL ESTADO DE GUERRERO

Maria Fernanda Campa Uranga¹, George Gehrels² y Rafael Torres De León³

¹ Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero

E-mail: mfernanda@data.net.mx

² University of Arizona, Geosciences

³ Instituto de Geología, UNAM

Los augenesquistos típicos de la unidad conocida como Granitoides Esperanza afloran en una franja alrededor del sinclinatorio de Olinalá y contienen zircones analizados por el método U/Pb, que arrojan una edad de cristalización de 1163 ± 30 Ma (Proterozoico-Grenville).

Así mismo, en las inmediaciones de Tetécic, Xixila y Tecosajca se observan relaciones claramente intrusivas de otra unidad de metagranitoides leucocráticos denominada Tetécic (Ramirez, 2001), que cortan tanto a los Granitoides Esperanza como a la Formación Xayacatlán, y cuyos análisis U/Pb nos aportan una edad de 478 ± 5.2 Ma (Ordovísico).

Ambas dataciones representan edades sorpresivamente más antiguas de lo que se consideraba hasta hoy, a partir de datos de rocas de la localidad tipo de los Granitoides Esperanza, donde Robinson (1990) y Ortega *et al.*, (1999) realizaron también análisis U/Pb en zircones que arrojaron edades silúricas de 425 ± 13 Ma y 440 ± 14 Ma respectivamente.

Esas dataciones aunadas a las de Halpern *et al.*, (1974), Ruiz Castellanos (1987), Yañez *et al.*, (1991) y Torres (1999) han sugerido eventos metamórficos y magmáticos relacionados con diversas orogenias, de las cuales, la más antigua es el magmatismo que corresponde a una fase silúrica. Además, se conocen otros eventos magmáticos pero más jóvenes, como los plutones conocidos como Los Hornos-La Noria-Cozahuico con zircones del Devónico en 371 ± 34 Ma, Caltepec con fechas del Pérmico, con Rb/Sr en 269 ± 21 Ma y con K/Ar: 266 ± 13 Ma y el plutón Totoltepec con zircones del límite Pérmico-Pennsylvánico (287 ± 2 Ma).

Las nuevas dataciones dadas a conocer aquí, nos provocan para revisar la estratigrafía y el historial tectónico interpretado hasta hoy para el Complejo Acatlán, así como su papel de basamento paleozoico del terreno Mixteca, en contraposición con el Complejo Oaxaqueño, basamento proterozoico-grenville del terreno Oaxaca, y con ello resurge el debate acerca del límite de ambos terrenos.

GEOQP-31

NUEVOS DATOS GEOCRONOLÓGICOS DEL MACIZO DE CHIAPAS

Myriam Osorio¹, Peter Shaaf², Consuelo Macías³, Gabriela Solís³ y Ortega-Gutiérrez³

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

E-mail: mima3366@hotmail.com

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Instituto de Geología, UNAM

La geología del Macizo de Chiapas es poco conocida. Dentro de los escasos datos geológicos publicados, los autores lo han llamado "Batolito de Chiapas" por la predominancia de rocas graníticas. Sin embargo, a la luz de recientes estudios geológicos, petrológicos y de datos geoquímicos, ahora es denominado como Macizo de Chiapas.

Las muestras estudiadas provienen del SW de Villa flores donde se observa que las rocas intrusivas del Macizo de Chiapas son de composición heterogénea con granito, diorita y gabro. La mayoría de estas rocas tienen rasgos de deformación dúctil, con porfidoblastos de feldespatos, cuarzo recrystalizado, foliación y zonas de milonitas. También se observan migmatitas en facies de anfibolita, que fueron intrusionadas por rocas plutónicas, esquistos de mica y sillimanita, que se encuentran en la orilla del río los Amates en el valle de las Mercedonas. Esta asociación litológica nos sugiere la existencia de un basamento metapelítico que muestra el contraste con el clásico granitoide descrito en la literatura pasada como Batolito de Chiapas. La unidad mas vieja está formada por gneiss migmatítico que puede considerarse como el basamento del Macizo Rocojo junto con unidades metasedimentarias.

Las edades permotriásicas se han comprobado recientemente con fechamientos por Rb-Sr de biotitas y muscovitas con 241 y 244 Ma y una edad de zircones con U-Pb en 227 ± 11 Ma demostrando un evento termometamórfico. Sin embargo, también un evento térmico en el Jurásico sigue siendo evidente debido a una edad de biotita Rb-Sr en 175 ± 9 Ma.

Para obtener más información sobre la historia geocronológica del área de estudio, se llevó a cabo la separación de zircones del gneiss migmatítico y de un granito deformado tomando en cuenta tamaño, color y forma de los cristales. En el gneiss migmatítico se obtuvieron 7 poblaciones y para el granito deformado 14.

Con la técnica de catodoluminiscencia se examinó cada población, obteniendo un control genético de cada una. En el gneiss migmatítico se observó que la mayoría de las poblaciones mostraban una luminiscencia muy débil y homogénea; en contraste, están los cristales pulidos y redondeados con núcleos heredados con luminiscencia más intensa, así como de los cristales euhedrales con pirámides muy desarrolladas que tienen luminiscencia muy intensa de color amarillo, y también de los cristales de pirámide y prisma muy

poco desarrollado presentando luminiscencia amarilla menos intensa con bahías oscuras. Estas tres últimas poblaciones representan material ajeno al evento que dió lugar a la formación de las restantes poblaciones.

En el caso del granito, la mayoría de las poblaciones con pirámide poco desarrolladas y variantes en el grado de elongación presentan luminiscencia en dos sectores: el interno de color gris claro y el externo de un gris con menos luminiscencia. También se tienen evidencias de la presencia de material heredado en fragmentos de cristales euhedrales con luminiscencia irregular. Otro grupo corresponde a cristales con núcleo redondeado no luminiscente y con núcleos de fragmentos angulosos con luminiscencia fuerte. Por último, cristales con núcleos ovalados con bordes de reacción de luminiscencia amarilla intensa.

Las poblaciones de zircones del gneiss migmatítico dieron una intersección inferior de 234 ± 33 Ma que confirma los datos de Rb-Sr, mientras que la intersección superior marca una edad dispersa de 1060 ± 30 Ma, indicando un protolito Grenvilliano.

GEOQP-32

EL GRANITO ETLA, POSIBLE EVIDENCIA DE UN ARCO MAGMÁTICO PROTEROZOICO EN OAXAQUIA

Ortega-Obregón Carlos, Solari L. Luigi, Keppie J. Duncan y Ortega-Gutiérrez Fernando
Instituto de Geología, UNAM
E-mail: carloo45@netscape.net

El Granito Etlá aflora cerca del pueblo de Santiago Suchilquitongo, a ~20 Km al NW de la ciudad de Oaxaca. Su área de afloramiento es de ~81 km². El plutón intrusiona a anortositas y ortogneises fechados en ~1,010 Ma, (base de la secuencia estructural del Complejo Oaxaqueño en esta área). Consiste principalmente de plagioclasa (generalmente oligoclasa); feldespato potásico (ortoclasa y microclina poiquilítica o pertítica) y cuarzo (en ocasiones relacionada con la plagioclasa formando mirmequitas), biotita, escasas hornblenda y muscovita magmática. Como minerales accesorios zircón, apatito, y ocasionalmente titanita. Los minerales de alteración son epidota y arcillas.

El contenido en peso de SiO₂ varía entre el 70.49 y 77.61 %; el CaO entre 0.36 y 2.51 %; el Na₂O entre 3.88 y 5.85 % y el K₂O entre 1.49 y 5.54 %. Tiene un índice de saturación de aluminio entre 0.99 y 1.11. Los diagramas de multielementos normalizados respecto al manto presentan enriquecimiento en Rb, Ba y Th y empobrecimiento en Nb y Ti, mientras que los diagramas de tierras raras normalizadas respecto a las condritas muestran enriquecimiento en tierras raras ligeras y empobrecimiento en tierras raras pesadas, con una notoria anomalía positiva de Eu. Esta química es característica de granitos calcalcalinos asociados a arcos magmáticos.

La intersección superior obtenida de zircones por U-Pb es de 920 ± 24 Ma, interpretada como edad de cristalización. La intersección inferior es de 177 ± 70 Ma. Las edades obtenidas por medio de Ar-Ar en biotita y feldespato potásico oscilan entre los 189 ± 4 y 206 ± 2 Ma, y se interpretan como producto de un calentamiento mesozoico, posterior a la cristalización del granito. La edad de cristalización contrasta con las obtenidas anteriormente por el método de Rb-Sr de 272 ± 8 Ma.

Con base en los datos anteriores, es probable que el granito Etlá se haya generado en un régimen tectónico de subducción (arco) durante el Proterozoico Tardío. La margen oceánica en subducción muy probablemente se ubicaba al oriente del microcontinente Oaxaquia y Avalonia, ubicados paleogeográficamente al sur de Báltica y oriente de Amazonía. Sin embargo no se descarta la posibilidad de que el granito se haya formado durante la colisión de masas continentales en la que se vio involucrado material calcálico. El carácter aislado de este granito único en Oaxaquia y la inexistencia de orogénias de colisión con la edad del granito Etlá, mientras que granitos pérmicos abundan en aquella región no permiten aún una conclusión definitiva respecto al origen tectónico y edad del granito Etlá.

GEOQP-33

EL COMPLEJO MAGMÁTICO Terciario de la Sierra de San Carlos-Cruillas, Estado de Tamaulipas

Juan Alonso Ramírez-Fernández, Pedro Rodríguez-Saavedra, Iván Jiménez-Boone y Tomás Cossío Torres
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL, Linares, N.L., México
E-mail: juanaram@ccr.dsi.uanl.mx

La Sierra de San Carlos-Cruillas (SSCC) se localiza en la parte central del estado de Tamaulipas, representando uno de los elementos de las Sierras Tamaulipecas que sobresalen morfológicamente de la Planicie Costera del Golfo de México. El complejo magmático de esta sierra forma parte del cinturón alcalino del Noreste de México, conocido como Provincia Alcalina Oriental. El magmatismo inició en el Oligoceno con el emplazamiento de plutones y culminó tentativamente en el Plioceno/Cuaternario con derrames lávicos.

La parte alta de la sierra (Sierra Chiquita) se compone de cuerpos plutónicos de gabro, monzodiorita, sienita nefelínica y de feldespato alcalino, emplazados en este orden. En la región oriental de la sierra (Sierra Baja) afloran cuerpos aislados de rocas sieníticas (de nefelina y de cuarzo) pero también monzogabros. Las rocas encajonantes son calizas a lutitas del Cretácico Inferior al Superior. En la planicie occidental de la SSCC es notoria la abundancia de sills y diques que cortan las lutitas del Cretácico Superior. Los sills presentan rumbos paralelos al eje de la Sierra (~N-S) con buzamientos suaves, formando mesetas por erosión diferencial. Los diques verticales se orientan de manera radial, habiéndose emplazado a lo largo de fracturas. Estos alcanzan longitudes excepcionales de hasta

7 km y con máximo de 2 m de espesor. Los sills son de composición basáltica (pórfidos gabróicos) en su mayor parte, mientras que los diques son más finos, abundando los basálticos y en menor escala los fonolíticos. Las relaciones de campo indican que los sills se emplazaron primero, siendo cortados posteriormente por los diques. El elemento más joven del complejo lo forman tanto cuellos volcánicos y algunos derrames de basaltos olivínicos y traquibasaltos. Algunos de los primeros son portadores de xenolitos ultramáficos del Manto.

Las relaciones petrológicas entre los diferentes tipos de magmas no son claras y directas. Los magmas más primitivos indican que su fuente es el Manto. Los gabros presentan texturas muy intrincadas, indicando múltiples inyecciones magmáticas. Los tipos más diferenciados desde monzodioritas hasta sienitas, se formaron probablemente como capas que se desarrollaron en cámaras magmáticas estratificadas composicionalmente, con diversos aportes de material cortical. Los diques periféricos básicos se pueden relacionar con los magmas gabróicos, mientras que los fonolíticos con las sienitas nefelínicas. Los basaltos representan magmas primitivos que ascendieron ya en una etapa extensional final.

GEOQP-34

PETROLOGÍA DEL VULCANISMO TRAQUÍTICO DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DE VILLA ALDAMA, TAMPS.

Manuel Vasconcelos F.¹, Juan Alonso Ramírez-Fernández² y Federico Viera-Decida^{1,2}

¹ Posgrado en Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL, Linares, N.L., México
E-mail: jmvf@atreve.com

² Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL, Linares, N.L., México

El Complejo Volcánico de Villa Aldama (CVVA) se ubica al sureste de la Sierra de Tamaulipas, dentro de la Provincia Alcalina Oriental Mexicana (PAOM). Destaca su carácter explosivo, que contrasta con la actividad efusiva de otras localidades de la PAOM (Sierra de Tantima, la región de Bernal y Mesetas de Llera y la periferia de la Sierra de San Carlos). En el CVVA se observan diversos tipos de estructuras volcánicas, como: conos cineríticos, anillos de tobas, cráteres, etc. así como derrames lávicos. El objetivo de la presente investigación fue el de estudiar a detalle la geología y la geoquímica del complejo, para proponer un modelo genético del magmatismo. Las rocas extrusivas del CVVA presentan un comportamiento geoquímico bimodal. El primer grupo es básico y está compuesto por basaltos alcalinos y subalcalinos, así como traquibasaltos. El segundo más evolucionado está constituido por traquitas compuestas de sanidino, anortoclasa, nefelina y olivino fayalítico, en una matriz muy fina de feldespatos y augita egrínica. Estas últimas están distribuidas en el complejo en las partes N, E y NE, donde existieron varios centros de emisión de lava. Las traquitas se analizaron usando ICP-AES para los elementos mayores e ICP-MS para los trazas y las tierras raras (REE). De los resultados obtenidos se determinó la clasificación TAS, así como la normatividad CIPW

mediante el programa SINCLAS. Las traquitas se subdividen en dos grupos según su normatividad: el primero es normativo en Ne-Ol, y el segundo en Hy-Qz. El comportamiento general de sus elementos traza es similar, con anomalías negativas en Sr, P, Ti y K. Sin embargo, las traquitas de Ne-Ol presentan anomalías bastante más pronunciadas indicando un mayor grado de evolución. Por otra parte, las traquitas de Hy-Qz muestran anomalías positivas de Ba, mientras que las de Ne-Ol las anomalías son francamente negativas. Los patrones REE son típicos, con un enriquecimiento en los ligeros disminuyendo hacia los pesados. En el elemento Eu se observa una anomalía positiva en varias muestras normativas en Hy-Qz indicando con esto una acumulación de plagioclasas, mientras que en las normativas en Ne-Ol esta anomalía es negativa, indicando una fraccionación de este mineral durante el desarrollo magmático. Se interpreta que las traquitas de Ne-Ol serían el producto de la fraccionación de un magma basáltico, mientras que las de Hy-Qz se saturarían en sílice debido a contaminación cortical.

GEOQP-35

**GEOCHEMISTRY OF SANDSTONES IN THE
KUDANKULAM FORMATION (LATE MIOCENE), SOUTH
INDIA: IMPLICATIONS FOR PROVENANCE,
WEATHERING, AND TECTONIC SETTING**

J.A.S. Armstrong¹, Yong IL Lee², S.P. Verma¹ and S. Ramasamy³

¹ Centro de Investigación en Energía, UNAM, Temixco, Mor., México

E-mail: jsaa@cie.unam.mx

² School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul, South Korea

³ Department of Geology, University of Madras, Guindy Campus, Chennai, India

Petrography and major, trace, and rare-earth element composition of sandstones from the Kudankulam Formation (South India) have been investigated to determine the tectonic setting, weathering condition, and provenance of sandstones. All the sandstone samples are rich in quartz (Q) but poor in feldspar (F) and lithic fragments (L). In the QFL diagram, the sandstones fall in the field of cratonic origin of continental block provenance. The major element concentrations reveal the homogeneity of the source. Geochemically, the Kudankulam sandstones are classified as arkose, sub-arkose, litharenite, and sub-litharenite. The SiO₂/Al₂O₃, Al₂O₃/Na₂O, and K₂O/Al₂O₃ ratios suggest the sandstones to be chemically immature. The CIA (Chemical Index of Alteration) values suggest low weathering nature of the sandstones. The Fe₂O₃+MgO, TiO₂, Al₂O₃/SiO₂, and K₂O/Na₂O ratios suggest a passive margin setting. Similarly, the compositional maturity of analysed sandstones is typical of cratonic environments and their La/Y and Sc/Cr ratios reflect their passive continental margin setting. The Eu/Eu*, (La/Lu)_{cn}, La/Sc, Th/Sc, La/Co, Th/Co, and Cr/Th ratios support a primitive silicic source for these sandstones. Chondrite-normalized REE patterns with LREE enrichment and flat HREE with negative Eu

anomaly are also attributed to silicic source rock characteristics for Kudankulam sandstones. The total REE content reflects grain size variations of the sandstones.

GEOQP-36

**DETERMINACIÓN DE LA HOMOGENEIDAD FÍSICA Y
QUÍMICA EN LAS MUESTRAS DE REFERENCIA IGL
PRODUCIDAS EN EL INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE LA
UNAM**

Rufino Lozano, Patricia Girón, Pablo Peñaflor, Juan Pablo Bernal y Eduardo Morales de la Garza
Instituto de Geología, UNAM
E-mail: rufino@servidor.unam.mx

Durante los años 2001 y 2002 el grupo de trabajo del laboratorio de Fluorescencia de Rayos-X del IGLUNAM, dedicó parte de su tiempo a la preparación de material de referencia «in-house», con el fin de disponer de una fuente abundante y útil para la preparación de perlas y tabletas de uso en la elaboración de curvas de calibración y como monitores, entre otras aplicaciones.

Inicialmente las muestras fueron procesadas en los laboratorios del Instituto de Geología en Ciudad Universitaria, D. F. y en la Estación Regional del Noroeste, en Hermosillo, Son. Se prepararon ocho lotes, un de cada muestra, con masas de entre 25 y 35 Kg cada lote. Las muestras fueron secadas a 110°C durante la noche, y posteriormente fueron molidas en un mortero de percusión fabricado en corindón, hasta pasar la malla 200 (74 µm). Posteriormente cada lote fue homogeneizado haciendo pasar el polvo por un embudo cónico alimentado con un alimentador vibratorio Sintron. Las ocho muestras de roca y suelo fueron posteriormente envasadas en unidades de aproximadamente 100g, obteniendo 200 botes de cada una de las muestras siguientes:

IGLc-1 (caliza), IGLd-1 (dolomía), IGLs-1 (suelo), IGLa-1 (andesita), IGLsy-1 (sienita), IGLsy-2 (sienita), IGLgb-3 (gabro), IGLsy-4 (sienita).

Actualmente nuestra institución dispone ya de estas ocho muestras de referencia, mismas que están en proceso de estudios como el que aquí se presenta.

Inicialmente 200 fracciones de cada muestra fueron envasadas marcando cada bote con el número secuencial de 1 a 200, posteriormente los botes 10, 30, 50, 70, 90, 110, 130, 150, 170 y 190, fueron seleccionados para ser sometidas a la medición de las intensidades de algunos elementos por FRX, lo anterior con la intención de disponer de la información asociada con la calidad del homogeneizado físico y químico.

La medición de la distribución del tamaño de partícula se hizo en un analizador laser marca Beckman-Coulter. En todos los casos se determinó que más del 98% de las partículas tenían diámetro < 74 µm.

La medición de las intensidades por FRX se hizo en porciones que variaron entre 0.5-1g para analizar los elementos mayores y de entre 5 y 6 g para analizar algunos elementos traza. Algunas muestras también fueron analizadas por ICP-MS y ICP-AOS, usando 0.2g de muestra.

Se presentan las gráficas de la distribución del tamaño de partícula para cada muestra, así como tablas con lo valores promedio para los elementos medidos y la varianza de los resultados obtenidos para cada serie de botes.

Se detectaron algunas diferencias entre bote y bote, sin embargo se consideran menores con respecto de los valores obtenidos por mediciones entre laboratorios, por lo que el material se considera química y físicamente homogéneo, en porciones iguales o mayores a 0.5 g.

GEOQP-37

MATERIALES INTERNACIONALES DE REFERENCIA GEOQUÍMICA Y SU UTILIZACIÓN PARA LA CALIBRACIÓN DE EQUIPOS ANALÍTICOS

Mirna Guevara García

Centro de Investigación en Energía, UNAM, Temixco, Mor. México
E-mail: mygg@cie.unam.mx

La calidad de los datos de Materiales Internacionales de Referencia Geoquímica (MRG) afecta directamente los procesos de calibración de una amplia gama de métodos analíticos utilizados para caracterizar muestras geoquímicas. Actualmente, el uso de MRG está ampliamente difundido, pero las limitaciones para su aplicación no han recibido la debida atención por parte de los usuarios. El resultado de una medición analítica es sólo un estimado del valor verdadero, y ese dato es válido sólo cuando lleva asociado su valor de incertidumbre. Por esa razón, es de gran importancia que la etapa de calibración de un proceso analítico, se lleve a cabo con datos de calidad. Los resultados no pueden ser mejores que lo que permite la calidad de los datos que se manejan. El establecimiento de una metodología analítica de rutina, debería basarse únicamente en aquellos MRG cuyos valores de concentración se encuentren bien establecidos.

Se han realizado esfuerzos a nivel internacional para solucionar el problema de uniformizar los procedimientos para preparar materiales de referencia, para el manejo de datos y presentación de los mismos. Sin embargo, a pesar de que se ha impulsado el uso de normas, no se ha generalizado o aceptado su aplicación. En este trabajo se presenta una reseña de la problemática existente en la generación de los ¿valores verdaderos? de los componentes químicos en MRG y la repercusión de su uso en geoquímica.

Sobre las metodologías existentes para manejo de datos de MRG, y los diferentes métodos de calibración se puede concluir que en Geoquímica Analítica, el uso de MRG es lo indicado para curvas de calibración. Cabe recalcar, que se debe hacer una cuidadosa selección de los MRG que se van a incluir,

considerando el tipo de matriz y el intervalo del elemento a cuantificar. Estos factores son tan importantes como la veracidad de los valores de concentración, para lograr éxito en el proceso de calibración, y calidad en los resultados del análisis de materiales desconocidos en geoquímica analítica.

GEOQP-38

EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LANTÁNIDOS EN MATERIALES GEOLÓGICOS E IMPLICACIONES SOBRE LOS LÍMITES DE DETECCIÓN

E. Santoyo, Surendra P. Verma y F. Velasco-Tapia
Centro de Investigación en Energía, UNAM
E-mail: esg@cie.unam.mx

Se presentan los resultados derivados de la evaluación estadística de datos analíticos obtenidos por diversos laboratorios en el análisis químico de 24 materiales geoquímicos de referencia internacional. Con estos propósitos, los métodos analíticos mas comúnmente usados en la determinación de tierras raras (REE) o lantánidos fueron agrupados en métodos de espectrometría de masas (MS), métodos nucleares (NM), y métodos de espectrometría de emisión (ES). A partir de la evaluación inicial de los datos analíticos, se encontró que éstos no mostraban una distribución normal debido a la presencia de datos significativamente desviados ("outliers") en varios de los elementos analizados. El rechazo de estos valores, sustentado por la aplicación de pruebas estadísticas estandarizadas, permitió que la base de datos analíticos remanentes obedeciera una distribución normal. Esta nueva base de datos permitió observar que el grupo de métodos analíticos MS provee los valores mas precisos de REE en estos materiales.

Como parte de este estudio, se calcularon también los límites de detección de los REE usando una regresión lineal ponderada basada en un modelo estandarizado de precisión lineal propuesto en la literatura. Los resultados obtenidos indicaron valores del orden de sub-ppm (MS: 0.07-1.5 ppm; NM: 0.05-3.1 ppm; y ES: 0.1-4.2 ppm). A partir de estos resultados, se encontró que los límites de detección obtenidos en este estudio obedecen un patrón perfectamente remarcado de "zigzag" que parecería estar gobernado por el efecto de estabilidad nuclear "impar-par", el cual de hecho controla las concentraciones de los elementos químicos en el sistema solar, así como la abundancia de sus isótopos individuales. En este contexto, cabe destacar que este comportamiento de los límites de detección se observa en un gran número de trabajos analíticos reportados actualmente en la literatura, y relacionados con caracterizaciones químicas de REE en una gran variedad de matrices (rocas, suelos, aguas, alimentos, etc.), pero en ninguno de estos trabajos ha sido señalada ni la existencia ni la relevancia del patrón "zig-zag". La presente ponencia se basa en un artículo en prensa en la revista International Geology Review por Verma, Santoyo y Velasco-Tapia (2002) quienes han reportado y propuesto que el patrón

"zigzag" que exhiben los límites de detección debiera usarse como un criterio fundamental en el control de calidad de los análisis químicos de REE.

GEOQP-39

DC_BASE: BASE DE DATOS Y SISTEMA PARA MANEJAR COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN DE NERNST

Ignacio S. Torres Alvarado, Surendra P. Verma, Hypitia Palacios Berruete, Mirna Guevara y Oriana Yuridia González Castillo
Centro de Investigación en Energía, UNAM
E-mail: ita@cie.unam.mx

El estudio del comportamiento de los elementos traza en procesos petrológicos se ha convertido en una rama muy importante de la Geoquímica, ya que su distribución en un sistema puede ser descrita por medio de relaciones matemáticas. Esto ha permitido la construcción de modelos cuantitativos de aquellos sistemas controlados por el equilibrio entre la fase líquida (magma, por ejemplo) y las sólidas (minerales). La distribución de los elementos traza entre estas fases se describe por medio de un coeficiente de partición (o de distribución) denominado de Nernst, definido como la relación de las concentraciones de un elemento en un mineral y en el magma, y representado como K_d o simplemente D . Debido a que D puede variar con la temperatura, la presión, y la composición y la fugacidad de oxígeno del magma, los valores de D deben ser cuidadosamente seleccionados para asegurar que las condiciones físico-químicas del sistema en estudio, corresponden a las condiciones en las que se formó la roca (mediciones de D "in situ") o en las que se desarrollaron los experimentos, a partir de los cuales fueron obtenidos los valores de D .

En este trabajo se reporta la compilación de una extensa base de datos de coeficientes de distribución de Nernst, así como la generación del sistema de cómputo denominado DC_Base, especializado en el manejo de estos datos con fines petrológicos. La compilación incluye 10,293 datos individuales de coeficientes de distribución para una gran variedad de elementos químicos y minerales formadores de roca.

Para facilitar la compilación y el mantenimiento de la base de datos se empleó un paquete comercial de tipo hoja de cálculo, a partir del cual se generan archivos de texto con los coeficientes de partición ordenados de acuerdo a los diferentes tipos de minerales que el sistema DC_Base interpreta. A partir de esta información y para cada mineral y elemento con datos en la compilación, el programa calcula de manera automática el número de datos en la compilación, la media y la desviación estándar (entre otros parámetros estadísticos) de los coeficientes de partición. Con ellos y con las proporciones de minerales indicadas por el usuario, DC_Base calcula los coeficientes de partición globales (bulk partition coefficients) y modelos de fusión parcial, basándose en los datos de composición inicial del elemento y grado de fusión indicados por el usuario.

El sistema se basa en un optimizado código escrito en lenguaje C para computadoras personales, asegurando su eficiencia, portabilidad y mantenimiento. Dada su estructura modular, este sistema (o cualquiera de sus partes) podría ser integrado a un sistema general para petrología. Esta misma característica permitiría que el módulo creado para calcular modelos de fusión parcial pueda ser fácilmente modificado para calcular otros modelos petrogenéticos.

GEOQP-40

"LA CALERA" CARBONATE SINTER DEPOSIT AT LAKE CHAPALA, MEXICO

Pedro F. Zárate-del Valle y Claudia C. Luhrs Olmos
Depto. de Química, CUCEI, Universidad de Guadalajara
E-mail: pzarate@ccip.udg.mx

In the tectonically active zones of the earth's crust geothermal systems are very abundant and the Citala rift, where Lake Chapala is located, is not the exception. The Lake Chapala basin is characterized by its paleo- and actual geothermal activity that includes: thermal springs, sinter deposits, hydrothermal petroleum manifestations and hydrothermal alteration outcrops. On the SE shore and five km NW from Regules village, outcrops a carbonate deposit named "La Calera" that has been mistaken with marine Cretaceous limestone and with lacustrine limestone. Really, it is a carbonate sinter which outcrop extends 2 km in E-W direction and 600 m in N-S direction. These deposit overlays andesitic rock. As spring deposit, "La Calera" sinter is very limited in area extent and is the only carbonated sinter known around Lake Chapala. With a thickness of approximately 5m and a roughly horizontal attitude, the carbonated sinter material is characterized by both massive and banded structures. When massive, it is colored in yellow brownish and grey and elsewhere it shows a pseudo-brecciated structure; on the other hand, when banded, alternated of yellow and dark millimetre bands can be seen. The calcareous sinter material is characterized by vuggy porosity and silica (quartz and chalcedony) veinlets. Under microscope a pseudo-micritic texture is observed; vugs coated by iron oxides, are filled with calcite, and/or quartz, chalcedony and clay minerals. An incipient process of pervasive silicification is observed as well as calcite recrystallization.

Six samples of carbonates of "La Calera" deposit were analysed for their stable isotopes (LODC-UParis VI). From $\delta^{13}\text{C}$ PDB values we have two set of data: one near zero (-8.03–-8.69 ‰) that means a no contribution of organic carbon and other with low values (-0.35–-0.75 ‰) meaning an important contribution of organic carbon; from very low $\delta^{18}\text{O}$ PDB values (-8.5–-10.27 ‰) we deduced a precipitation in meteoric water with a temperature deposition higher than the surface that match with an hydrothermal origin. Mineralogy was confirmed by XRD diffractometry and semiquantitative results are: (calcite »80%, quartz »20%, feldspar < 3%).

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN LA PLUMA DEL RÍO PÁNUCO, TAMAULIPAS

Odette Hernández Paredes¹ y Alejandro Ortega Osorio²

¹ Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

² Grupo de Investigación en Sistemas Marinos, Programa de Investigación en Medio Ambiente y Seguridad, IMP
E-mail: aosorio@imp.mx

En este estudio la descarga del río Pánuco se investiga a través del contenido del material particulado suspendido (MPS) con el fin de caracterizarlo, tanto desde un punto de vista morfológico como químico. Así, los objetivos particulares de este son: i) analizar morfológica y químicamente el MPS, ii) estudiar la distribución espacio-temporal de la pluma, y iii) determinar la asociación de metales pesados con el MPS. El trabajo de campo consistió en dos campañas oceanográficas en épocas de secas y nortes (mayo, 2001 y febrero, 2002) colectando muestras a dos profundidades en 6 y 9 estaciones, respectivamente. El muestreo se diseñó de una forma radial a la desembocadura con el fin de asegurar el muestreo dentro y fuera de los límites de la pluma. La concentración del MPS se determinó gravimétricamente con variaciones de 0.4 mg/l a 1.2 mg/l tanto para muestras someras como profundas. Los primeros reconocimientos de las partículas a través de microscopía electrónica de barrido con microanálisis acoplado (SEM-EDS) evidenciaron la presencia de diversas formas, que van desde partículas amorfas e irregulares hasta estructuras cristalinas bien definidas con composiciones desde inorgánicas (feldespatos amorfos combinado con carbonatos y arcillas) hasta esqueletos de organismos planctónicos (las diatomeas, centrales y pennales, y foraminífero). Los análisis revelaron cantidades variables de sílice, barita y pirita, así como óxidos de hierro y otros minerales. Respecto a la abundancia de las fases se ha observado que los feldespatos se encuentran agregados en "cúmulos" en muestras cercanas a la desembocadura mientras que la barita exhibe formas bien definidas que reflejan su transporte relativo. Por otra parte, los feldespatos al permanecer suspendidos largos periodos pueden servir como transportadores de otras sustancias como son los metales. Hasta el momento se han encontrado metales traza tales como Ti, Fe, Sr, Mg, Cr, y Zn, al parecer asociados diferencialmente a las distintas partículas. Se ha podido reconocer cierta tendencia geométrica de la pluma que indica una dirección general hacia el sur. De acuerdo a los resultados de MPS y a los perfiles de temperatura y salinidad, se puede decir que el tamaño de la pluma es del orden de 5 a 10 km (penetración). Análisis de las muestras se complementan por el momento y se incluirán en fechas próximas al estudio.

ELEMENTOS TRAZA EN EL MATERIAL SEDIMENTARIO COLECTADO/INTERCEPTADO CON LA TRAMPA SEDIMENTARIA ANCLADA SOBRE LA CUENCA SAN LÁZARO EN 1996 Y 1998

Evgueni Choumiline y Norman Silverberg

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, La Paz, B.C.S.
E-mail: eshumili@ipn.mx

Por medio del método de análisis con la activación neutrónica se hizo el estudio de la presencia de los elementos Fe, Ca, Sr, Ba, Zn, Cr, Co, As, Se, Sb y Sc en el material interceptado en la columna del agua en la profundidad de 330 m por medio de la trampa sedimentaria automática, anclada en la cuenca de San Lázaro (Pacífico Noreste frente a la Bahía Magdalena), en los periodos entre agosto y de noviembre de 1996 (año de condiciones regulares) y diciembre de 1997 y 3 de mayo de 1998 (con la influencia del fenómeno de El Niño).

Los contenidos de estos elementos traza en las muestras de dos periodos de colecta mostraron la cierta variabilidad temporal. Se distinguen unos periodos de alto contenido del Zn (anómalos con 635-7735 mg/kg versus 180-555 mg/kg regulares) y Se (11.4-33.0 mg/kg versus 1.77-6.5 mg/kg) en el material sedimentario, los cuales reflejan los cambios de las condiciones de bioacumulación de estos elementos por el planctón de la capa superficial del océano y, como consecuencia de esto, de los niveles de sus contenidos en las partículas colectadas por la trampa sedimentaria.

Usando el Sc como indicador de los aportes terrígenos correspondientes, se hizo la evaluación de la contribución terrígena versus biogénica en el material de la trampa a lo largo del periodo de las observaciones. Los resultados de esta evaluación muestran la predominancia del material biogénico marino en mayoría de las muestras y que los incrementos del aporte de componentes terrígenos y biogénicos coinciden en el tiempo. Una de las posibles causas de este fenómeno puede ser que los incrementos de los aportes terrígenos al mar en esta zona que contienen fierro como micronutriente, provocan la productividad biológica más alta y, de otro lado, que las partículas terrígenas se encajan perfectamente en el material biogénico, incluyendo peletas fecales y la nieve marina, y estos agregados se transportan juntos a la profundidad sin la diferenciación por la densidad y tamaño de los materiales que los constituyen.

Con base en datos sobre el flujo total del material suspendido (Silverberg et al., in press) se calcularon los flujos verticales para los elementos traza en esta estación los cuales se varían considerablemente: 0.28-65.1 mg m⁻² d⁻¹ para Ca, 0.10-17.9 mg m⁻² d⁻¹ para Fe, 0.38-445 µg m⁻² d⁻¹ para Sr, 6.7-158 µg m⁻² d⁻¹ para Zn, 0.23-2.58 µg m⁻² d⁻¹ para Se y 0.021-6.28 µg m⁻² d⁻¹ para Sc, 1.54-354 µg m⁻² d⁻¹ para Ba.

EVOLUCIÓN HIDROGEOQUÍMICA DEL ACUÍFERO COSTERO DE MANEADERO, BAJA CALIFORNIA

E.C. Sánchez-Rentería, L.W. Daesslé, L.G. Mendoza-Espinosa,
V.F. Camacho-Ibar y J.D. Carriquiry
Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
E-mail: edisa84@hotmail.com

La explotación del acuífero del Valle de Maneadero inició en 1937, con una extracción media anual de 2.5 Mm³. En 1967 se calculó una extracción de 17.0 Mm³ y para 1971 la extracción ya era de 20 Mm³. A partir de 1974 se registraron extracciones mayores a los 20.0 Mm³, llegando a extraerse 25.7 Mm³ en 1997, siendo la regarga anual para ese año tan solo de 20.67 Mm³. Una de las causas principales de la sobre explotación del acuífero de Maneadero es la agricultura, para la cual tan sólo en 1997-1998 se emplearon 17.01 Mm³ (CNA 1998). El desarrollo agrícola y la urbanización en la región de Ensenada y Maneadero, ha tenido como consecuencia un desequilibrio entre la extracción y recarga del acuífero, provocando una disminución en el nivel freático y el aumento de salinidad del agua debido a la intrusión salina. En algunas áreas, principalmente cerca de la zona costera, se ha producido ya la contaminación, causando el abandono de las fuentes de abastecimiento de aguas subterráneas y el consecuente abandono de grandes extensiones de tierra agrícola.

Con la intención de evaluar la evolución e impacto del deterioro del acuífero durante las últimas décadas, se procesaron y analizaron datos geoquímicos y fisicoquímicos históricos de la CNA desde 1974 hasta 1991. Asimismo, se llevaron a cabo dos muestreos semestrales en 22 pozos a lo largo de las principales fuentes de recarga (arroyos), el valle y su zona costera, con la intención de determinar la evolución del mismo a corto plazo (época de estiaje y lluvias). De entre los pozos estudiados, en 1974 la salinidad máxima fue de 4.0 ppt (partes por mil) aumentando significativamente a 5.24 ppt y 6.93 ppt en noviembre de 2001 y abril de 2002 respectivamente. El agua subterránea en la zona se clasifica como sódico-clorada, debido a la mezcla con agua marina. El estudio de diversas variables como TDS, pH, oxígeno disuelto, iones mayoritarios, metales, arsénico y nitratos, nos permite no solo una caracterización detallada del acuífero, sino también determinar la evolución geoquímica de este a lo largo de períodos semianuales. El presente trabajo y sus resultados preliminares forman parte de un proyecto sobre la evolución hidrogeoquímica de los acuíferos que abastecen de agua a la ciudad de Ensenada, B.C.

ESTUDIO DE BACTERIAS MARINAS QUE CATALIZAN LA OXIDACIÓN DE MANGANESO (II) A PARTIR DE NÚDULOS DE MANGANESO EXTRAÍDOS DEL ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO

Jorge Romero Jarero¹, Héctor M. Alexander Valdés¹ y Pilar Negrete Redondo²

¹ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
E-mail: microbio@mar.icmyl.unam.mx

² Depto. El Hombre y su Ambiente, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco

Erlich divide a las bacterias en 2 grupos según la forma del mineral sobre el cual son activas; Bacterias que oxidan el ión libre Mn⁺² y Bacterias que actúan sobre Mn⁺² previamente adsorbido en óxidos de Manganese IV.

Poco se sabe acerca de estas condiciones pero la presencia de oxígeno manganoso soluble y materia orgánica son favorables según lo demuestra el alto número de bacterias oxidadoras de manganoso aisladas en la interfase agua sedimento del fondo del mar. Los objetivos de este trabajo son:

- Determinar la densidad de bacterias heterótrofas psicofílicas en nódulos de manganoso extraídos del Océano Pacífico en la Zona Económica Exclusiva de México
- Determinar la densidad de bacterias heterótrofas psicofílicas con capacidad de oxidar Manganoso soluble (Mn²⁺) en nódulos de manganoso.
- Aislar e identificar bacterias heterótrofas psicofílicas Gram negativas que catalizan la oxidación de Mn²⁺, a partir de nódulos de manganoso extraídos del Océano Pacífico en la Zona Económica Exclusiva de México.

Se aislaron e identificaron las bacterias procedentes de las muestras de nódulos de manganoso molidas utilizando mortero estéril, agua de mar artificial placas de agar marino 2216 de ZoBell y el método de mastrillado o extendido en placa. La diferencia entre los medios es básicamente la concentración de manganoso adicionada, el pH y la presencia de ión férrico.

Como prueba confirmatoria se usó el ensayo de Feigl para manganoso.

Todas las cepas fueron aisladas a 5°C y desarrollan bien a temperatura de 25°C.

El, Mn⁺² adicionado al medio de cultivo fue oxidado en presencia de bacterias formando un precipitado pardo oscuro que transfiere color al medio, todas las cepas tuvieron la propiedad de oscurecer el medio denotando oxidación de manganoso. Las cepas presentaron también una reacción de Feigl positiva.

Se observó que los microorganismos presentaron diferente capacidad para oxidar manganeso obteniéndose en algunos casos, una reacción más intensa.

Los resultados más favorables para el desarrollo de las bacterias, la oxidación de manganeso y la producción de pigmento intracelular se observan en el medio KV en este, todas las cepas mostraron desarrollo rápido, abundantes, pigmentos definidos y oxidación de manganeso intensa.

Hasta hoy, los medios diseñados para aislar bacterias oxidadoras de manganeso de ecosistemas marinos tienen pH alcalino.

Todas las cepas oxidaron el Mn^{+2} adicionado al medio de cultivo.

GEOQP-45

CONCENTRACIONES Y ESPECIACIÓN DE LOS ELEMENTOS TRAZA EN LAS AGUAS HIPERSALINAS DE LAS ÁREAS DE OPERACIÓN DE LA EMPRESA EXPORTADORA DE SAL, GUERRERO NEGRO, BAJA CALIFORNIA SUR

Grajeda Muñoz M.¹, Mironenko M.V.², Ryzhenko B.N.² y Shumilin E.N.¹

¹ Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, La Paz, B.C.S.

E-mail: mgrajeda@ipn.mx

² Instituto de Geoquímica y Química Analítica, Academia de Ciencias de Rusia, Moscú, Rusia

Los conceptos modernos de la formación de haluros, en la litogénesis de zonas áridas se desarrollaron en los años 50 y 60 del siglo XX, en esta época se generó la idea que durante el proceso progresivo del aumento de salinidad en una cuenca hipersalina los elementos traza podrían transferirse a la fase sólida debido a su coprecipitación con los macro-componentes en las etapas iniciales de la halogénesis (precipitación de yeso y carbonatos), o en una etapa de la cristalización de la halita.

El objetivo de este trabajo es la evaluación de los niveles de concentración de los elementos traza y la modelación termodinámica de su especiación química en las aguas a lo largo de la evaporación gradual de agua de mar en los estanques de concentración y de cristalización de la Empresa Exportadora de Sal, Guerrero Negro, Baja California Sur.

Para los cálculos termodinámicos se usaron los resultados experimentales de los análisis de las concentraciones de los elementos traza en 19 muestras del agua de la laguna Ojo de Liebre y salmueras la línea tecnológica de la producción de la ESSA, obtenidos en el marzo del 2000 con la ayuda técnica de Skidaway Institute of Oceanography (Savannah, Georgia, E.U.A.) bajo asesoría del Prof. H. Windom.

Las concentraciones de los elementos varían en los siguientes rangos: Fe (1.1-15.3 $\mu\text{g/l}$), Mn (0.07-82.1 $\mu\text{g/l}$), Zn (0.1-28.4 $\mu\text{g/l}$), Cd (1-162 ng/l), Cu (0.04-4.0 $\mu\text{g/l}$), Co

(0.01-0.7 $\mu\text{g/l}$), Ag (0.01-53.1 ng/l), Pb (0.01-2.4 $\mu\text{g/l}$), Hg (0.5- 16-8 ng/l), Al (0.6-98.6 $\mu\text{g/l}$), Ni (0.04-2.1 $\mu\text{g/l}$), V (0.1-5.0 $\mu\text{g/l}$), que son muy bajos en su totalidad y corresponden a los niveles típicos para las aguas naturales sin influencia antropogénica.

A partir de estos datos reales, para determinar la especiación de los elementos traza se aplicaron los métodos de minimización de energía de Gibbs y para evaluar los coeficientes de actividad se usó el método de Pitzer. (Mironenko, 1992, 1997).

De acuerdo con los resultados de los cálculos termodinámicos, el Fe en todo rango de salinidades desde 40‰ a 250‰ existe principalmente como $\text{Fe}(\text{OH})_3$. El Mn se encuentra en las salmueras como ion simple Mn^{2+} y los complejos MnCl^+ , MnCl_2^0 y MnSO_4^0 . El Co está presente en las soluciones como CoCl^+ y Co^{2+} . El Cu en solución está presentado casi completamente por Cu^{2+} . El Ni existe como cation simple Ni^{2+} y sus complejos clorados y sulfatados. La Ag aparece como tetra-, tri- y bi-cloruro. Prácticamente todo el uranio en las aguas de los estanques se encuentra como bi- $\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2^{2-}$ y tri- $\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3^{4-}$. El mercurio completamente se presenta en forma de HgCl_4^{2-} . Las principales especies del Zn y del Cd en estas condiciones son sus complejos clorados.

GEOQP-46

GEOTERMobarometría en Metapelitas de los Complejos Metamórficos de Aysén, Chile

Elisa Ramírez y Francisco Hervé

Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile

E-mail: eramirez@cec.uchile.cl

Las metapelitas de bajo grado metamórfico son un sistema complejo al momento de determinar presiones (P), temperaturas (T) y edad de metamorfismo, debido principalmente a su tamaño de grano. Sin embargo, estudios cristaloquímicos de filosilicatos en estas rocas, muestran las respuestas de estos minerales, a la variación de presión y temperatura, lo que ha permitido utilizarlos como geotermobarómetros.

En el Complejo Metamórfico Andino Oriental (CMAO) y Complejo de Chonos (CMC, franja oriental), que se extienden en gran parte de la región de Aysén, presentan dentro de su litología, metapelitas de bajo grado metamórfico, en las cuales mediante el estudio de sus filosilicatos se determinaron las condiciones de P y T de metamorfismo.

En la determinación de la temperatura se utilizó el Índice Cristalinidad de la illita (IC), el cual indica el paso de diagénesis a metamorfismo, debido al aumento de la temperatura. Para ambos complejos se obtuvieron valores IC que varían entre anchizionales y epizionales, esto significa que las temperaturas alcanzadas por las metapelitas son $> 300^\circ\text{C}$.

Esto se ve confirmado al utilizar geotermómetros de clorita, los que dan rangos del orden de 310° a 380°C, para ambos complejos.

Al determinar la presión se obtuvo mediante el parámetro b_0 y el geobarómetro de la fengita, basados en la transformación de moscovita a fengita, la cual refleja un aumento en la presión. Los resultados obtenidos utilizando ambos métodos difieren notoriamente, sin embargo, son consistentes en el sentido de que las presiones en el CMAO son relativamente más bajas que las alcanzadas en la franja oriental del CMC. Las presiones del CMAO obtenidas son entre 3 y 9 kbar y para el CMC en la franja oriental entre 9 y 12 kbar.

GEOQP-47 CARTEL

A NEW TECHNIQUE FOR THE DETERMINATION OF DISSOLVED HELIUM ISOTOPE RATIO IN GROUND-WATERS BY USING THE PRINCIPLE OF GAS-WATER RE-EQUILIBRATION: A GEOCHEMICAL APPLICATION TO VOLCANIC AREA

Inguaggiato Salvatore and Andrea Rizzo
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo,
Italy
E-mail: inguagg@pa.ingv.it

Here, a new technique for the determination of dissolved helium isotope ratio in ground-waters from volcanic areas is presented. This method is based on the achievement of He equilibrium conditions between dissolved gas phase and host gas (N₂). Ultrapure (N₂) is introduced in a water filled glass flask (250cc), hermetically sealed in the field upon collection. After shaking in ultrasonic bath for 10 minutes, an aliquot of the separated gas phase is removed from the flask for MS analysis. ³He/⁴He ratios are measured by using a modified double collector mass spectrometer (VG 5400-TFT). Helium and neon abundances are also calculated scaling the He and Ne partial pressures of sample to He and Ne air-standard measured by a quadrupole mass spectrometer (QMS;VG Quartz). Using their equilibrium partitioning coefficients, it is possible to calculate the amount of gas originally dissolved in the water. The method was tested both on air-saturated-waters and on thermal-waters from volcanic areas. The results highlight the good reproducibility (5%) and accuracy (3%) of helium isotope ratio. The proposed method reveals as a useful tool for determining the helium isotopic ratios on those volcanic systems where a free gas phase is not available.

This new technical procedure described above have been applied to water samples coming from Stromboli island (Italy). Three thermal water samples (Cusolito, Fulco e Zurro) located in the peripheral part of Stromboli volcano have been sampled and analyzed, and the results were compared with those of free crateric gas (SC5).

In the water samples ³He/⁴He ratios are in the range of 4.13-4.23 Ra while at SC5 is 3.05 Ra. ⁴He/²⁰Ne are respectively 3.72-7.03 and 2.05. Helium isotopic ratio measured in the crateric gas is very close to those previously reported in literature but clearly lower than those measured in the water samples on the same island. Taking into account that helium isotopic ratios can be air-corrected on the basis of their ⁴He/²⁰Ne ratio, uncorrected values have been utilized to verify if an atmospheric contamination could justify a lower value of R/Ra at the crater emission. The curves show different mixing levels between air and two possible magmatic end-members for the measured samples. Taking into account that Fulco and Zurro water samples showed ⁴He/²⁰Ne values very close to SC5 but higher ³He/⁴He ratios, atmospheric contamination cannot be considered as an explanation of such isotopic difference. Moreover, water samples fall along a different mixing curve respect to crateric gas confirming what above reported. Thus a different process have to be invoked to justify the lower values of ³He/⁴He at crateric gas.

GEOQP-48 CARTEL

VARIACIONES GEOQUÍMICO-TEMPORALES DE LOS DEPÓSITOS DEL VOLCÁN NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO CENTRAL

Domínguez-Heredia B.¹, Solís-Pichardo G.², Martínez-Serrano R.³, Schaaf P.³, Hernández-Treviño T.³, Morales-Contreras J.³ y Hernández-Bernal M.S.²

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

E-mail: benjadh@hotmail.com

² Instituto de Geología, UNAM

³ Instituto de Geofísica, UNAM

El Volcán Nevado de Toluca, ocupando la cuarta cumbre más alta del país con 4,680 m.s.n.m., es un estratovolcán compuesto de edad Plioceno Superior-Holoceno. Los primeros autores reseñan las formas generales del volcán, incluyendo en ellas la morfología, la estructura y la petrología. Posteriormente, se describen las características de los principales eventos eruptivos del volcán, además de obtener edades de carbono. Los sucesos más importantes incluyen una erupción de tipo vulcaniana de aproximadamente 28,000 años que produjo un extenso lahar; una erupción de tipo pliniano que depositó a la Pómez Toluca Inferior de 24,000 años; y otra erupción también pliniana que generó la Pómez Toluca Superior de aproximadamente 11,600 años. En otros estudios se han subdividido a los depósitos del volcán Nevado de Toluca en dos grandes unidades. Una de ellas, la más antigua, corresponde a una serie de flujos de lavas andesíticas de color gris claro y de textura porfídica, mismas que constituyen el edificio volcánico. La otra unidad, más joven, se encuentra compuesta por una compleja secuencia de depósitos piroclásticos que mantengan los flancos del volcán y que fueron emplazados durante los últimos 100,000 años.

Actualmente, el Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (LUGIS) realiza trabajos para determinar las posibles variaciones geoquímicas de los productos volcánicos del Nevado de Toluca con respecto del tiempo. Además, se intenta identificar los probables procesos que han producido tales variaciones durante la evolución magmática del volcán. Para el trabajo geoquímico, se tomó como base la estratigrafía efectuada anteriormente por varios autores, recolectando las muestras más representativas de la columna estratigráfica compuesta del volcán. Posteriormente, se prepararon las alicuotas necesarias para el análisis de elementos mayores, traza e isotópicos de Sr, Nd y Pb, éstos últimos efectuados en el LUGIS.

Las muestras expresan en sus variaciones de elementos mayores, una cristalización fraccionada normal. La petrografía y los valores de SiO₂ (de 55.59 a 65.98%) junto con los de Na₂O y K₂O (4.59-6.42%), clasifican a las rocas como andesitas y dacitas. Por otra parte, los valores de eNd tienen una variación de +3.78 a +5.34 con rangos de ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr de 0.70370 hasta 0.70423, lo que nos indicaría una fuente no muy evolucionada del manto. Las tendencias en las gráficas de edad contra isotopía de las muestras de flujos de lava, expresan una pequeña disminución en los valores de ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr contraria a los valores de eNd que muestra un pequeño incremento. En el caso de las proporciones isotópicas de Pb, la relación ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb (18.55-18.67) muestra una disminución con respecto de la edad. Esto nos podría indicar que, individualmente, la cámara magmática no presenta fuertes componentes de mezcla con respecto a la edad (de 1.5 Ma hasta 3.3 ka) como en el caso de otros estratovolcanes, el Popocatepetl y el Pico de Orizaba.

GEOQP-49 CARTEL

CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS DE LAS BRECHAS DE IMPACTO DEL CRÁTER CHICXULUB (POZO UNAM-5)

Juana Elia Escobar Sánchez y Jaime Urrutia Fucugauchi
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: elia@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

El cráter Chicxulub se encuentra ubicado en la porción noroeste de la Península de Yucatán, sepultado por rocas carbonatadas del Terciario. Tiene un diámetro de 180-200 km aproximadamente y se ha definido morfológicamente como una cuenca multianillada con un levantamiento central.

El presente trabajo se enfoca a los núcleos correspondientes al pozo UNAM-5, el cual se ubica a 3.5 km al noroeste del pueblo de Santa Elena (sur del estado de Yucatán), a una distancia radial de 112 km del centro de la estructura del cráter. El pozo se perforó con núcleo continuo hasta una profundidad total de 504 m. encontrándose brechas de impacto desde los 332 m de profundidad hasta la base.

Para el estudio, se trabajó con el sistema de documentación de núcleos, técnica automatizada de análisis, caracterización y cuantificación de núcleos extraídos de

perforaciones. El sistema permite fácil manipulación, almacenamiento y accesibilidad a los datos en archivos, ordenados en función de la posición relativa de su profundidad, para dar una mayor eficiencia en los análisis cuantitativos de toda la información almacenada. El sistema se compone de tres aditamentos, siendo el componente fundamental el equipo "Core Scanner", el cual registra la imagen superficial del núcleo, en forma automatizada, ordena y almacena la información permitiendo comparar a detalle cada núcleo de manera individual o en conjunto. De este estudio se obtuvieron diez muestras digitalizadas representativas de las brechas de impacto, para estudiarse en conjunto con un análisis petrográfico.

La siguiente etapa consistió en la elaboración del análisis petrográfico de muestras en sección delgadas correspondientes a diferentes profundidades de la brecha. A partir de parámetros ya establecidos para brechas de impacto, se determinaron cuatro unidades fundamentales de brechas tipo suevítico, pero con características diferentes entre sí: la unidad 1 se definió como una brecha tipo suevítica con matriz arcillosa, la unidad 2 como una brecha tipo suevítica con matriz de melt, la unidad 3 tenemos una brecha tipo suevítica con matriz vítrea o arcillosa y la unidad 4 brecha tipo suevítica con matriz de melt.

La unión de ambas metodologías hizo posible la separación de estos tipos de brechas, así como los efectos de metamorfismo de impacto que se encontraron. Además fue posible comparar el cráter Chicxulub con otros cráteres conocidos como el caso del cráter Ries y el cráter Sudbury, de lo cual se deduce una similitud en las características de Chicxulub con Ries, pero no a modo de ser una replica, sino simplemente por encontrarse en secuencias estratigráficas semejantes lo que permite comparar sus características petrológicas así como los efectos de metamorfismo de impacto que se encuentran en ambos.

GEOQP-50 CARTEL

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN LABORATORIO PARA TRABAJOS DE QUÍMICA ULTRAPURA EN EL LABORATORIO UNIVERSITARIO DE GEOQUÍMICA ISOTÓPICA DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM

Morales Puente Pedro, Lounejeva Elena y Cienfuegos Alvarado Edith
Instituto de Geología, UNAM
E-mail: elenal@servidor.unam.mx

La construcción del nuevo Laboratorio limpio, que formará parte del Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica correspondiente al Instituto de Geología de la UNAM, se decidió a fin de satisfacer la creciente demanda de análisis isotópicos. En este nuevo espacio se llevarán a cabo procesos de purificación de reactivos, digestión ácida de materiales geológicos y preconcentración de elementos como Sr, Rb, U, Pb y tierras raras, provenientes de muestras con diferentes matrices y con vistas a su posterior análisis instrumental en los espectrómetros de masas de ionización térmica y de plasma.

El éxito del análisis instrumental a gran medida depende del control sobre el blanco analítico, o bien, la cantidad de elemento agregado a la muestra durante su procesamiento químico previo al análisis instrumental. El contribuyente principal al blanco analítico es el material suspendido en el aire del espacio donde se procesan las muestras. La masa total del material suspendido en el ambiente del laboratorio se cuantifica mediante la determinación del blanco analítico para cada elemento en particular.

En un laboratorio limpio se hace posible reducir cantidad de partículas suspendidas en el aire y de esta manera reducir y controlar el blanco analítico. Por esta razón, el laboratorio limpio está concebido como una herramienta indispensable para generar mediciones confiables y precisas de elementos traza y ultra traza.

El material particulado de origen atmosférico varía de localidad a localidad tanto en número de partículas así como en su composición (típicamente el conteo de partículas mayores de 0.3 μm dentro de un edificio puede ser entre 26,000 y 50,000/litro). La manera más aceptada para la remoción de partículas del aire es mediante el empleo de filtros absolutos tipo HEPA, mismos utilizados en el laboratorio, los cuales tienen una eficiencia de 99.99% para atrapar partículas con tamaños mayores de 0.3 μm . Este sistema de purificación provee un ambiente general de aire clase 1000 (35 partículas por litro de aire). Sin embargo, la especificación marcada por la norma Federal Standard 209 para un laboratorio para trazas es de clase 100, (no más de 100 partículas mayores de 0.5 μm por pie cúbico, o bien, no más de 3 partículas por litro). Por esta razón, el diseño del laboratorio incluye inyección con filtración múltiple con el fin de maximizar las áreas de trabajo con condiciones de aire clase 100. En estas áreas el aire se mueve en dirección de arriba hacia abajo y del centro hacia las orillas de la mesa, esto con el objetivo de aislar la muestra del analista quien también es una fuente mayoritaria de materia contaminante. El nuevo diseño de circulación de aire en el laboratorio, además de extracción de los vapores tóxicos mediante campanas de extracción (convencionales y las de flujo laminar), incluye un sistema de recirculación, el cual permite una constante purificación de aire y circulación del mismo sobre las mesas de trabajo secundarias y sobre el piso de los pasillos. En las mesas secundarias están separadas del lugar de trabajo de muestras y en ellas se podrán colocar equipos periféricos como hornos, centrifugas, etc.

Además, en el interior de un laboratorio químico se generan partículas provenientes de procesos de corrosión que pueden ser una fuente de contaminación más severa que la de origen atmosférico, por lo que se realizó una selección especial de todos los materiales de construcción del laboratorio a fin de eliminar desde el inicio esta posible fuente de contribución indeseable al blanco analítico.

GEOQP-51 CARTEL

GEOQUÍMICA DE HIDROCARBUROS GASEOSOS EN SITIOS DE EMANACIÓN NATURAL DEL FONDO MARINO EN EL GOLFO DE MÉXICO

Ruth E. Villanueva Estrada y Alejandro Ortega Osorio
Grupo de Investigación en Sistemas Marinos, Programa de Investigación en Medio Ambiente y Seguridad, Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: estherv@mar.icmyl.unam.mx

El propósito de este estudio es caracterizar químicamente los componentes gaseosos (hidrocarburos ligeros), tanto en el sedimento como en la columna de agua, y establecer los factores que gobiernan su distribución espacial y temporal en sitios de emanación natural. En este trabajo se presenta la problemática que encierra este tipo de estudios así como algunos resultados preliminares con los que se cuenta hasta el momento. Se ha encontrado que el principal componente de estos sitios es metano, su importancia radica no sólo por ser considerado un recurso energético alternativo, sino también, y antagónicamente, por tratarse de un gas de efecto de invernadero. De aquí la relevancia ambiental y económica de esta investigación. El área de estudio se localiza en una región de intensa actividad petrolera en el Golfo de México. Los muestreos se han realizado tanto en puntos de referencia como en sitios de evidente manifestación en la superficie. Paralelamente, se analizan una serie de datos y muestras de agua y sedimento colectados en junio de 2002 en una zona de emanación de gas, de supuesta presencia de hidratos, que servirá como estudio comparativo. La metodología analítica propuesta para la extracción de gases disueltos en el agua de mar (headspace) consiste en la aplicación de vacío-ultrasonido (VUS) para concentrar los gases de la matriz líquida; por lo que toca a los sedimentos, esta consiste en equilibrar la concentración total de los gases de la muestra con un gas inerte; ambos extractos se usan para su caracterización y cuantificación final por cromatografía de gases. Con los datos obtenidos se estimará el flujo de gases a través del océano y su aporte hacia la atmósfera. Esta colección "única" de muestras, tanto por su naturaleza como por su valor, representan una gran oportunidad para ampliar el conocimiento de los sitios naturales de emanación. Por el momento se intentan varias fuentes de financiamiento que garanticen el aprovechamiento de estos valiosos datos.

GEOQP-52 CARTEL

PETROLOGÍA DE LOS PRODUCTOS RECIENTES (1998-2002) DEL VOLCÁN DE COLIMA, MÉXICO

R. Arias-Cabrera¹, J.C. Mora¹, R. Castro-Govea¹, J.L. Macías¹,
N. Varley² y J.C. Gavilanes-Ruiz²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: georoland@yahoo.com

² Facultad de Ciencias, Centro Universitario de Investigaciones en
Ciencias del Ambiente, Universidad de Colima, Colima, Col.

El Volcán de Colima, localizado en el oeste del Cinturón Volcánico Mexicano, reinició su actividad en 1998, después de tres años de quietud. Desde 1998 a la fecha el volcán ha producido una diversa cantidad de eventos, destacando el crecimiento de un domo en la cima, el desarrollo de flujos piroclásticos, flujos de lava de corto alcance y la emisión de gases fumarólicos. Esta actividad ha propiciado, en más de dos ocasiones, la evacuación de las comunidades más cercanas.

Durante la actividad reciente del volcán se ha realizado un estudio petrológico de muestras de material juvenil del domo y flujos de lava y piroclásticos. Estos productos tienen una composición andesítica (59.10-61.00 %peso. SiO₂) y una textura porfírica con una asociación mineral de plg > px > óxidos de Fe-Ti; la matriz (45.6-63.5 %Vol.) varía de hipocristalina a cristalina, y se constituye de vidrio y microlitos de las mismas fases minerales. El porcentaje en volumen de cristales aumenta de 1998 a 2001 y posteriormente disminuye de 2001 a 2002. Los fenocristales de piroxenos muestran ligeros bordes de reacción en los depósitos de 1998 y 1999, mientras que en los productos de 2001 y 2002 los bordes de reacción son más pronunciados. Estos son más evidentes en los ortopiroxenos con la formación de óxidos de hierro. Aunque las variaciones en la composición química en roca total son menores, es notable observar una ligera disminución en MgO, Ni y Cr en los productos de 1998, 1999 y 2000, mientras que en los productos de 2001 y 2002 se registra un ligero aumento en los mismos. La sílice presenta un comportamiento inverso.

Las variaciones en el grado de cristalinidad y el contenido de elementos mayores y menores, en las muestras de 1998 a 2001, parecen acusar procesos de cristalización fraccionada. Mientras que las variaciones observadas en las muestras de 2001 a 2002 parecen concordar con una inyección de magma máfico al sistema magmático del volcán.

GEOQP-53 CARTEL

EDADES K/AR DE 54 ROCAS ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS DEL OCCIDENTE, CENTRO Y SUR DE MÉXICO

Jesús Solé¹ y Juan Carlos Salinas²

¹ Instituto de Geología, UNAM

E-mail: jsol@geol-sun.igeolcu.unam.mx

² Consejo de Recursos Minerales, Pachuca, Hidalgo

El Consejo de Recursos Minerales de México realizó en el año 1999 un Convenio con el Instituto de Geología de la UNAM para la determinación de edades K/Ar en muestras de rocas recolectadas durante las campañas de cartografía del CRM de los años 1999 y 2000. Se escogieron 54 muestras para la datación por el método K/Ar de los siguientes Estados: Coahuila, Colima, Durango, Guerrero, Jalisco, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa y Zacatecas. En este trabajo se reportan los resultados obtenidos, junto con una discusión sobre el posible significado de cada edad.

Los tipos petrográficos estudiados incluyen rocas volcánicas (basaltos, andesitas, riolitas, vitrófidos e ignimbritas), rocas plutónicas (gabros, dioritas, granodioritas y granitos) y rocas metamórficas (gneises y metasedimentos). Se dataron los minerales siguientes: biotita, moscovita, clorita, anfíbol, plagioclasa, ortoclasa y sanidina. Se usó roca entera para la datación sólo cuando no fue posible separar minerales. En algún caso se fechó vidrio volcánico.

Las edades obtenidas abarcan desde 2 Ma hasta 249 Ma, predominando (37% del total) las rocas con edades comprendidas entre 24 y 35 Ma. Puesto que el muestreo fue realizado por varios equipos de trabajo independientes y en zonas geográficas muy distintas, se pone de manifiesto la preponderancia de rocas del Oligoceno en el occidente de México.

En este estudio han participado varias personas del Consejo de Recursos Minerales y del Instituto de Geología, a las que se agradece su cooperación, y con las que estamos redactando actualmente un trabajo donde se exponen en detalle los resultados obtenidos y su interpretación.

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (LUGIS) de la UNAM. Para la determinación del argón se usó un espectrómetro de masas modelo VG1200. Las edades están calibradas con los estándares internacionales de biotita LP-6 (127.8 Ma) y HD-B1 (24.2 Ma). Los análisis de potasio se efectuaron con fluorescencia de rayos X siguiendo el método propuesto por Solé y Enrique (Analytica Chimica Acta, 440:199-205).

GEOQP-54 CARTEL

PRELIMINARY (P,T) PEAK METAMORPHIC CONDITIONS
ESTIMATION, FOR A SEQUENCE OF METAMORPHIC
ROCKS, FROM THE LOWER PLATE OF THE
MAGDALENA METAMORPHIC CORE COMPLEX,
MAGDALENA, NORTH CENTRAL SONORA, MEXICO

Herrera Urbina Saul

Depto. de Geología, Universidad de Sonora

E-mail: paz@aurora.geologia.uson.mx

Northwest from Santa Ana and North from Magdalena towns (North Central Sonora, Mexico), a sequence of greenschists to upper amphibolite facies metamorphic rocks, outcrops, constituting the lower plate of the Magdalena Metamorphic Core Complex. This sequence is extremely sheared and folded, with a characteristic mylonitic foliation and lineation; it is separated of the sedimentary and volcanic rocks of the upper plate, by a regional low angle normal fault (the Magdalena Detachment Fault), which has a vergence top to the southwest. That sequence is constituted of meta-sedimentary and meta-felsic volcanic rocks, belonging to a Jurassic age volcanic arc; and abundant syntectonic meta-sills of per-aluminous garnet granitoids of a Tertiary age.

The Magdalena Metamorphic Core Complex was the result of the pre-Basin and Range tertiary regional extension event, which is well known in Sonora and Arizona, U.S.A. This event began approximately 30 Ma ago, and several authors consider that, at least in Sonora, it could extend until the lower-middle Miocene time. We previously indicated that the metamorphism responsible of the formation of the lower plate of the Magdalena Metamorphic Core Complex is limited to the middle-upper Oligocene time.

In this work, one portion of the meta-sedimentary rocks were particularly studied: the higher metamorphic grade pelitic schists, to estimate the (P,T) peak metamorphic conditions. This study consisted of a detailed mapping, petrography and geochemistry. The sample H-94-37: a muscovite - quartz - garnet - plagioclase - staurolite - sillimanite schist, was chosen for the geothermobarometric analysis. The garnet - aluminosilicate (sillimanite) - plagioclase - quartz geothermobarometer ($3 \text{ anorthite} = \text{grossular} + 2 \text{ sillimanite} + \text{quartz}$), was combined with the almandine-muscovite empirical geothermometer, to calculate the peak metamorphic conditions, which are: $P = 3.7 \text{ to } 4.9 \text{ Kb}$; $T = 659^\circ\text{C}$. The estimated pressure indicates an original lithologic column of approximately 15 to 18 km thick, considering a granitic crust. A 28 Ma published $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age for the muscovite, that is interpreted like one age for the shear event responsible of the formation of the pelitic schists, which are similar to the studied sample, was used for the calculation of the minimal exhumation rate, that is: 0.05 to 0.06 cm/year.

GEOQP-55 CARTEL

HYDROGEN ISOTOPIC COMPOSITION OF
HORNBLENDES FROM ACTIVE VOLCANOES OF
MEXICO. IMPLICATION FOR ORIGIN OF MAGMATIC
WATER

Y. Taran¹, M. Kusakabe², J.C. Mora¹ and G. Valdez¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: taran@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Institute for Study of the Earth's Interior, Okayama University, Japan

Hornblendes (Hb) crystallize in water-rich magmas in magma chambers or in deeper zones. Isotopic composition of hydrogen in OH-groups of Hb represents the water isotopic composition of magmatic fluid or dissolved magmatic volatiles and therefore, is an isotopic characteristics of magmatic water. At lower vapor pressure in conduits and shallower magma chambers, Hb can decompose and lose water with significant isotopic effects.

We have measured hydrogen isotopic composition of hornblendes from modern lavas and pyroclastics of El Chichón, Colima and Popocatepetl volcanoes. Hornblendes from the last and previous pyroclastic flows of El Chichón are the more abundant mineral phases (after plagioclase), showing pleochroism from green to brown. They are relatively uniform in composition (close to magnesian hastingsite hornblende), without chemical variations between cores and rims. Using the Johnson and Rutherford (1989) calibration of the Al-in-hornblende geobarometer, the hornblendes show equilibrium with the melt at pressure of 4 kb that correspond to 12 km of depth. These pressure conditions likely represent the location of the magma chamber below El Chichón volcano, however, these pressure estimates need to be confirmed. The water content of all analyzed Hbs is 1.5-1.8 wt%, but may be higher due to a minor amount of impurities of pyroxenes which sometimes are difficult to separate from Hb. Hydrogen isotopic composition in 10 samples of Hb from El Chichón of different age and facies (pumice, lithic fragments in pyroclastics) was in a narrow range -40 to -37 ‰ V-SMOW. Such isotopic signature corresponds to so-called "andesitic" waters, i.e. waters from subduction-related magmas (Taran *et al.*, 1989; Giggenbach, 1992). The origin of these waters is suggested to be the recycled water from subducted oceanic sediments. The data for El Chichón volcano are in the range of the already known values for subduction-related magmas (Taran *et al.*, 1997) though the tectonic setting of El Chichón is more complicated.

The measured isotopic ratios D/H of the least altered Hbs from the 14 ka Tutti-Frutti pyroclastic deposits of the Popocatepetl volcano and from the 1913 pyroclastics of Volcán de Colima (with H_2O content > 1.5 wt%) are surprisingly "heavy", in the range -17 to -15 ‰. More study and a larger collection of Hbs are needed to interpret such high D/H ratios in Colima and Popocatepetl Hbs, which are the heaviest ones ever measured in magmatic unaltered Hbs (Miyagi and

Matsubaya, 1995; Taran *et al.*, 1997; Goff and McMurtry, 2000). The hornblendes from the 1857 Vulcancito cone at Volcan de Colima are extremely altered, with water content < 1 wt% and $\delta D > -10\text{‰}$ and cannot be used for the purposes of this study.

de cristales TAP (5.692-93.0 Å), PETJ (1.93-8.10 Å), LIF (0.889-3.73 Å) y LDE2 (23.2-88.0 Å) que permiten medir concentraciones de elementos en un rango que va de B al U.

Mayor información: <http://www.igeofcu.unam.mx/lup>.

GEOQP-56 CARTEL

EL LABORATORIO UNIVERSITARIO DE PETROLOGÍA

Linares López C.¹, Delgado Granados H.¹ y Reyes Salas M.²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: linaresc@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Instituto de Geología, UNAM

La necesidad de rescatar y desarrollar áreas del conocimiento para reconocer, entender y estudiar los orígenes, evolución, asociación y utilidad de las rocas y minerales que componen la litosfera en nuestro país, así como sus recursos minerales y los suelos que cubren su territorio dan como resultado la creación del laboratorio universitario de petrología (LUP).

A dos años de su puesta en funcionamiento el LUP ha desarrollado en forma pujante la petrología y mineralogía básicas y aplicadas en la UNAM. El LUP mantiene sus líneas de investigación a paso firme; líneas agrupables en dos grandes ramas: el magmatismo de la Faja Volcánica Trans-Mexicana y las meteoritas (incluidas las rocas asociadas a los impactos meteoríticos). Como ejemplos de los trabajos desarrollados en el LUP tenemos el estudio de los productos eruptivos del volcán Popocatepetl durante la contingencia volcánica de diciembre de 2001 y estudios realizados en meteoritas diversas (La Cosina, El Pozo, Allende, entre otras). Los estudios realizados en la meteorita La Cosina han permitido confirmar su clasificación, por otra parte, actualmente se realizan estudios en los condros de la meteorita Allende. Adicionalmente a sus líneas de investigación el LUP ha apoyado proyectos de otras instituciones como El Consejo de Recursos Minerales, El Instituto Mexicano del Agua, el Colegio de Postgraduados, etc. en los que su principal interés es contribuir en el desarrollo de las investigaciones sobre el aprovechamiento de los recursos naturales y remediación de la contaminación del agua y los suelos entre otros.

El LUP tiene la capacidad de brindar apoyo a otras instituciones que deseen hacer uso de sus instalaciones que cuentan con equipo e instrumental suficiente para la preparación de rocas y minerales, tales como microscopios ópticos adaptados para obtención de imágenes digitales de muestras para su procesamiento por computadora, microscopio electrónico de barrido (SEM), con magnificación de 40X a 300,000X y capacidad de obtener imágenes de electrones secundarios y retrodispersados. El instrumento más importante del LUP es la microsonda electrónica de barrido (EPMA) Jeol JXA-8900 con espectrómetros WDS y EDS, con cuatro tipos

Sesión

Ingeniería Geológica, Riesgo Geológico y
Geotecnia

Jueves 7

SALA E

EL CONCEPTO DE SUELO SEGÚN EL GEÓLOGO Y EL INGENIERO CIVIL. CASO ESTUDIO: EL SUBSUELO DE LA CIUDAD DE GUADALAJARA, JALISCO, MÉXICO

Pedro F. Zárate del Valle¹ y David Vargas del Río²

¹ Depto. de Química, CUCEI, Universidad de Guadalajara

E-mail: pzarate@ccip.udg.mx

² Laboratorio de Investigación, Posgrado en Ingeniería Civil, Universidad de Guadalajara

Cuando el geólogo describe los rasgos geológicos de una región, el suelo (s.s.) es un rasgo superficial del terreno cartográficamente carente de importancia. Para fines geotécnicos, el geólogo define al "suelo" como todo material sin consolidar sobre el lecho rocoso. Esta definición geotécnica de "suelo" es aceptada por el ing. civil ya que cubre su expectativa de ser un material excavable estando además relacionado con la obra que puede hacer sobre él, con él o en él. Pero, ¿quién el verdadero especialista en suelos? Para la Pedología, el suelo (s.s.) es el arreglo de materia mineral y orgánica formado en la superficie terrestre a través del tiempo, por procesos de alteración y transporte, a partir de material geológico y biológico; esta definición incluye el punto de vista edafológico de ser el medio natural de crecimiento de la vida vegetal terrestre. El pedólogo describe al suelo (s.s.) subdividiéndolo en horizontes o capas (A y B) que reposan sobre la roca intemperizada (capa C) que finalmente reposa sobre la roca sana (R).

Estos conceptos diversos de "suelo" crean un ambiente de incomunicación y desinformación técnicas ya que cada especialista lo entiende a su modo. Esto es lo que sucede en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) ya que: 1) para el ing. civil la ZMG tiene un "suelo" que puede medir más de 50m de grosor; 2) para el edafólogo en la ZMG el suelo (s.s.) tiene un grosor menor que 0.50m; 3) para el geólogo, la regolita en la ZMG, incluido el suelo (s.s.), tiene un grosor máximo de 1m. ¿A qué se debe esta disparidad de grosores? A que El subsuelo de la ZMG casi en su totalidad, está constituido por una formación de origen volcánico denominada toba Tala, la cual es un derrame piroclástico afírico sin consolidar, compuesto principalmente por estratos irregulares y deleznales de pómez. Este rasgo de no estar consolidado hace que en una primera impresión, no se distinga el contacto vertical entre las rocas intemperizada y sana de la Toba Tala. Además, por ser una roca friable es fácilmente excavable y explotable. El ing. civil en el sitio de su obra, debe de tener plenamente identificado al suelo (s.s.) y sus horizontes básicos: A, B y C y diferenciarlos del lecho rocoso (R) sea éste duro o blando. También debe de considerar que en su tarea de construcción, generalmente mas que ver con el suelo (s.s.) tiene que considerar los rasgos geológicos del subsuelo del sitio (litología, hidrología, fracturas, etc.).

EXPLORACIÓN GEOLÓGICA EN EL P.H. BOCA DEL CERRO, TAB.

Cepeda Dávila Leovigildo

Departamento de Geología, CFE

E-mail: leovigildo.cepeda@cfe.gob.mx

Para aprovechar el caudal del Río Usumacinta la C.F.E. pretende construir una central hidroeléctrica y así contribuir a resolver los problemas de energía del sureste del país. Para ello ha realizado estudios de geología, geofísica, topografía, geohidrología, sismotectónica y geotecnia, acompañados de perforaciones con recuperación de núcleo y excavaciones, para determinar la factibilidad del proyecto. El embalse comprende un área de 11,80 km², limitada por la cota 46 m (NAME) desde 90 m aguas arriba del puente sobre el Usumacinta hasta la frontera con Guatemala. Quedará alojado en calizas puras de estratificación delgada a masiva (Formación Boca del Cerro del Cretácico Superior), así como en calizas dolomíticas, margas, cretas y calizas recristalizadas (Formación Tenosique del Terciario Inferior). Estas rocas fueron afectadas por esfuerzos compresivos, distensivos y desplazamientos laterales, que dieron origen a plegamientos anticlinales y sinclinales orientados WNW-ESE y fallas NW-SE y NE-SW. De las tres alternativas estudiadas en la última campaña se desecharon las denominadas I, II y Santa Margarita, por ubicarse en calizas puras muy permeables y cársticas y por estar afectadas por fallas importantes, mientras que la Alternativa III se consideró menos desfavorable por hallarse en calizas de carácter arcilloso, menos permeables. El macizo rocoso en la Alternativa III está afectado por los siguientes tipos de discontinuidades: 1º) La estratificación, que es la más frecuente, por lo general es delgada, con presencia de arcilla entre estratos y su inclinación es siempre hacia aguas abajo o al norte, con valores promedio de 40°, aunque en la margen izquierda llega a ser hasta subvertical, debido a plegamientos locales; 2º) cuatro fallas principales (F1 a F4), casi normales al cauce y espaciadas entre ellas unos 150, 100 y 200 m, respectivamente; 3º) dos sistemas preferenciales de fracturamiento para ambas márgenes (N77°W/ 49°NE y N24°E/ 85°SE); 4º) siete horizontes arcillosos en espesores variables, identificados en los socavones, y 5º) el contacto geológico entre las unidades A y B de la Formación Tenosique.

En el área de la cortina el espesor de acarreo varía entre 30 y 35 m; sólo el barreno 4C cortó un bloque de caliza de 1 m de diámetro. Por debajo del aluvión se determinó un espesor de 20 a 25 m de roca alterada, bajo la cual el macizo mejora su calidad. En el área del eje de la cortina y casa de máquinas se definieron cuatro zonas con características geomecánicas diferentes, que van de malas a regulares, con permeabilidades altas que disminuyen a profundidad. Por ello se efectuaron pruebas de inyección para obtener las características de diseño de las pantallas de impermeabilización, siendo la Unidad Tpt-B (margen izquierda) la que presenta el menor consumo de cemento con 1113 kg/

m, en comparación con la margen derecha, que fue de 1 507 kg/m. Con este tratamiento la permeabilidad llegó a disminuir en algunos tramos de 30 Unidades Lugeon (muy permeable) a 3 U.L. (impermeable).

Para el cierre hidráulico se observó que la Formación Tenosique presenta capas de arcilla que, debido a su posición estructural (flanco NE del Anticlinal Boca del Cerro) actúan como una barrera semipermeable, encontrándose el contacto con la roca permeable (Formación Boca del Cerro) a la cota 65 m; existe además un segundo sello a la cota 50 m, representado por la Formación Tulijá del Mioceno, consistente en areniscas y areniscas calcáreas impermeables. El NAME se ubicará a la cota 46 m y se opina que el embalse será estanco casi en su totalidad; únicamente se prevén posibles filtraciones poco importantes en la margen izquierda de la Alternativa III, debido a que el nivel de aguas freáticas, reportado en los barrenos CH-4 y VI, se encuentra por debajo del NAME (24.19 y 34.97 msnm) de acuerdo con las lecturas tomadas el 24 de junio de 1993.

Aunque se tienen identificados diversos sitios para la apertura de bancos de materiales para la construcción de las obras, aún no se han cuantificado los de material impermeable y los materiales estudiados para enrocamiento no han resultado aceptables. Se sugiere localizar un banco en calizas de estratificación mediana a gruesa de la Formación Boca del Cerro lo más cercano al sitio.

IGRGG-03

ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO "ZAPOTITLÁN DE MÉNDEZ", UBICADO EN LA SIERRA NORTE DEL ESTADO DE PUEBLA

Zoila Hernández Mena y Sergio Herrera Castañeda
 Depto. Geología y Geotécnia, División de Ciencias de la Tierra,
 Facultad de Ingeniería, UNAM
 E-mail: zomena@correo.unam.mx

En los últimos años, la variedad de amenazas naturales tales como, sismos, erupciones volcánicas, inundaciones, fenómenos atmosféricos y deslizamientos han incrementado su presencia, ocasionando pérdidas en cultivos, viviendas, vías de comunicación y vidas humanas. En nuestro país, la situación climática, la ubicación tectónica y la vulnerabilidad de nuestro territorio, representan los principales factores desencadenantes. La ocurrencia de deslizamientos está sujeta al comportamiento de muchos factores, el agua es el que más comúnmente se asocia a la falla de los taludes. Durante el año de 1999 las intensas lluvias ocurridas en la Sierra Norte del estado de Puebla, como consecuencia de la Depresión tropical No. 11, ocasionaron una precipitación promedio anual muy por encima de las precipitaciones normales, la lluvia que cae en promedio en un año, cayó en solo tres días; presentado entre otras cosas fenómenos de inestabilidad. Uno de esos fenómenos es el deslizamiento denominado en este trabajo, Zapotitlán de Méndez, ocurrido en el Km 64 200 de la carretera estatal

Zacatlán-Zacapoaxtla, con un volumen movido de casi 5 millones de metros cúbicos en una longitud total de 1.3 Km, con pendientes superiores a los 45°, bajo formaciones de rocas sedimentarias e ígneas que van respectivamente desde el Jurásico hasta el Reciente. El deslizamiento es identificado como un deslizamiento de tipo "Mixto" o "Complejo", en donde, el movimiento de masa principal es efectuado por la combinación de dos o más mecanismos, una falla circular muy cerca de la base de la ladera y dos fallas planas que coinciden con dos discontinuidades importantes del macizo rocoso. La diferencia mecánica del terreno y el aumento histórico de las condiciones pluviales; fueron las principales causas del deslizamiento. El retro-análisis del evento se realizó mediante la reconstrucción fotogeológica de la zona y con la modelación del fenómeno en un software para fallas circulares, teniendo como fin específico, el incremento hidráulico que ocasionó la ruptura del terreno. El control del agua subterránea es el sistema mas efectivo para la estabilización de este deslizamiento, una serie de drenes en las actuales caras de la ladera y en los flacos del deslizamiento (drenaje transversal), combinado con cunetas y contracunetas, mantienen en aparente equilibrio a la ladera.

IGRGG-04

ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES ROCOSOS Y ZONIFICACIÓN DE RIESGO GEOTÉCNICO EN EL CERRO EL TENAYO

Carlos Valerio V.¹ y García Palomo A.^{1,2}

¹ Servicio Geológico Metropolitano

E-mail: huaterio@yahoo.com

² Instituto de Geología, UNAM

El cerro El Tenayo es un domo volcánico de composición dacítica que forma parte de la Sierra de Guadalupe, localizado entre las coordenadas 99°11', 99°09'W y 19°31.5', 19°33'N, en el municipio de Tlalnepantla, Edo de México. Presenta forma elíptica con un eje mayor de aproximadamente 1.4 Km y un eje menor de 1 Km. El desnivel que presenta con respecto a la planicie lacustre es de 500 m.

Debido al intenso crecimiento urbano desarrollado a partir de los años setenta en toda la Sierra de Guadalupe y particularmente en el Cerro El Tenayo, se tiene como resultado que gran parte de las viviendas fueron construidas en zonas de laderas que presentan serios peligros geotécnicos. Este crecimiento irregular de la mancha urbana ha ocasionado grandes alteraciones e impactos en el medio físico, que se manifiestan en cortes de laderas, construcción de caminos y la sobrecarga de viviendas en zonas rocosas potencialmente inestables.

En el estudio se establece una metodología para evaluar la estabilidad de los taludes rocosos del cerro El Tenayo. Con base en técnicas de campo y gabinete se definieron los factores que influyen en la estabilidad de los macizos rocosos, como son: topografía, litología, comportamiento mecánico,

fracturamiento, sismicidad, clima, vegetación, grado de intemperismo y procesos antrópicos. Relacionando estas variables y con base en observaciones de campo se dividió el área de estudio en cuatro zonas que presentan riesgos geotécnicos definidos. Los principales mecanismos de falla que se detectaron son: deslizamiento, volteo, caída de rocas así como flujo de detritos.

Utilizando el programa de "Rock Fall" se modeló la trayectoria de los bloques, para los distintos mecanismos de falla, y se obtuvieron parámetros importantes como el alcance horizontal, la velocidad y la energía cinética, los cuales sirven para delimitar las zonas de alto, mediano y bajo riesgo así como para plantear y diseñar soluciones geotécnicas. Toda la información anterior se integró para realizar un mapa de riesgo geotécnico. Se estimaron las propiedades índice y mecánicas de la roca más importantes para realizar los análisis de estabilidad de los cuales se desprenden las soluciones geotécnicas. Finalmente se propone un plan de mitigación de riesgo para cada zona evaluada.

IGRGG-05

PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA, SEPTIEMBRE-OCTUBRE DEL 1999

Capra L. y Lugo-Hubp J.
Instituto de Geografía, UNAM
E-mail: solari@servidor.unam.mx

A finales del mes de Septiembre y durante la primera semana de Octubre de 1999, la Sierra Norte de Puebla fue afectada por algunos miles de procesos de remoción en masa. La depresión tropical número 11 ocasionó lluvias abundantes, con picos máximos entre el 4 y 5 de octubre. Las ciudades de Teziutlán y de Zapotitlán de Méndez son probablemente los dos sitios que han sufridos mayores daños en cuanto a pérdidas humanas y daños a infraestructuras.

La ciudad de Teziutlán (Puebla), edificada sobre los productos piroclásticos de la Caldera de Los Humeros, ha sido afectada por numerosos procesos de remoción en masa tipo deslizamiento superficial del suelo, uno de los cuales fue responsable de la muerte de aproximadamente 150 personas. Con base en el estudio de detalle de las características geológicas y geomorfológicas del área afectada, se ha determinado que el mecanismo principal que dispara el movimiento de ladera es la formación de presiones positivas en los materiales volcánicos no-consolidados. En particular, la alternancia de suelos arcillosos con horizontes de caída de pómez/escorias determina la formación de discontinuidades hidráulicas a partir de las cuales se originan niveles freáticos que van saturando los sedimentos.

Por el contrario, los procesos observados en el poblado de Zapotitlán de Méndez son de dos tipos muy distintos: 1) deslizamientos superficiales de suelo volcánico que, debido al reducido espesor del suelo (< 1 m), fueron de magnitud inferior con respecto a los de Teziutlán y no provocaron daño alguno;

2) deslizamientos profundos de tipo rotacional en lutitas plegadas, el más grande de los cuales se transformó en un flujo de escombros de aproximadamente 7000 m³ que alcanzó una distancia de hasta 500 m hasta llegar al cauce del Río Zempoala. Esta lutitas están fuertemente plegadas, fracturadas y presentan un clivaje que aquí buza con 35° a favor de la pendiente. La formación de presiones positivas en las fracturas aunadas a la particular geometría de las capas de lutitas favorecieron la formación de este tipo de deslizamiento.

Los dos casos aquí analizados evidencian la importancia de determinar los factores hidrogeológicos que promueven la iniciación de procesos de ladera para poder prevenir y mitigar en un futuro un desastre natural como el del 1999.

IGRGG-06

LOS FLUJOS DETRÍTICOS DEL VOLCÁN EL CACIQUE EN ZITÁCUARO, MICH., MÉXICO

Arreygue-Rocha E. y Garduño-Monroy V.H.
Depto. de Geología y Mineralogía, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH
E-mail: arrocha@zeus.umich.mx

El Complejo Volcánico de El Cacique se localiza en el sector sureste de la Ciudad de Zitácuaro. Se trata de una zona volcánica donde se han concentrado aparatos volcánicos tipo domo que dan a la región pendientes muy pronunciadas. En particular el Volcán El Cacique, domo más reciente, tiene pendientes de más de 30° en sus faldas, las cuales entran en contacto con planicies ocupadas por depósitos volcánicos retrabajados, donde las pendientes son menores y van de 10° a 20° en el terreno. Estos contrastes topográficos son muy importante debido a que el agua o cualquier producto en forma líquido-viscosa, podría ocasionar grandes daños en las salidas de cañadas y en las partes planas, provocando además alta erosión mecánica. También es importante resaltar que las dos cañadas más profundas del flanco Oeste de El Cacique son las que muestran mayor inclinación. ello debido a su composición litológica (lavas dacíticas), las cuales son porciones topográficas potenciales a deslizarse.

Los movimientos que se presentan y se pueden presentar en esta zona, son de tres tipos: Caída de bloques, Flujos de lodo y bloques (lahares) y Flujos de bloques, arena y lodo.

Los habitantes de la parte norte del volcán han sido testigos en los últimos 50 años de al menos cinco eventos de flujos detríticos los cuales han dejado pérdidas materiales y humanas. El último evento que se ha presentado fue el día 31 de mayo del 2000, donde parte de dos centros habitados se vieron envueltos en un gran flujo de bloques arena y lodo. Nuevamente las pérdidas fueron importantes pues afectó a más de 30 familias que viven sobre las cañadas de este volcán. Sus viviendas habían sido construidas sobre antiguos depósitos de flujos de detritos.

IGRGG-07

ESTUDIO GEOFÍSICO EN POZO SOMERO APLICADO A LA INGENIERÍA CIVIL

Arturo Malagón Montalvo¹, Gabriel Martínez Ramírez² y Pablo Zamudio Zavala³

¹ Instituto de Ingeniería Sísmica, Universidad de Guadalajara
E-mail: malagon_arturo@hotmail.com

² Sandstorm-Gam. Ingeniería Geotécnica

³ Posgrado en Ingeniería Civil, Universidad de Guadalajara

Los estudios geofísicos de pozos han adquirido gran importancia para la ingeniería ya que estos han proporcionado información importante para el diseño anti-sísmico de estructuras civiles. Este trabajo es parte de un estudio multidisciplinario en donde participaron áreas como Geología, Sismología de Terremotos, Geotecnia, Geofísica y Dinámica de Suelos, Estructuras, etc.

El objetivo de este estudio está relacionado con el cálculo de las velocidades de ondas de cizalla en diferentes tipos de materiales, dato fundamental para que los geotecnistas y estructuristas puedan conocer los valores reales de las constantes elásticas de los materiales "in situ", ya que es una herramienta fundamental en el diseño y reforzamiento de edificios para que soporten las fuerzas dinámicas ocasionadas por fuentes naturales (terremotos) o artificiales (vibraciones).

Se describe la técnica y método de los trabajos de exploración geofísica realizados en un sitio en el centro de la ciudad de Guadalajara para el reforzamiento de una estructura civil, usando la técnica de pozo (down-hole) en cuatro sondeos perforados a 15.5, 11.0, 11.40 y 12.20 metros de profundidad respectivamente, con el propósito de conocer los parámetros elásticos-dinámicos de los materiales del subsuelo en el sitio de estudio como son: La relación de Poisson, el módulo dinámico de Young y el módulo de rigidez o de corte. Se utilizó un sismógrafo de 12 canales marca Geometrics modelo ES-1225 versión 3.3. En el pozo S2 (15.5 m) se realizaron 14 lecturas, en el pozo S4 (11.0 m) se obtuvieron 8 lecturas, mientras que para los pozos S5 (11.40 m) y S7 (12.20 m) se efectuaron 10 lecturas en cada uno respectivamente. Esta técnica nos permite realizar mediciones de los tiempos de arribo de las ondas longitudinales y transversales a diferentes profundidades del subsuelo a partir del cual se obtuvieron las velocidades de propagación de onda P Y S para el sitio de estudio. Con los registros obtenidos del sismógrafo se efectuaron en gabinete las lecturas y correcciones de los tiempos de arribo en cada intervalo de medición y con esta información se obtuvieron las curvas tiempo-profundidad que permitieron obtener las velocidades sísmicas de los diversos materiales atravesados por los sondeos; con estas velocidades y utilizando los valores de pesos volumétricos obtenidos mediante la exploración directa y laboratorio, se calcularon los parámetros elásticos-dinámicos. En los cuatro sondeos en donde se realizaron pruebas

geofísicas se observó la presencia de tres comportamientos de las velocidades sísmicas diferentes a lo largo de cada barreno, esto debido a la presencia de la intercalación y acuíferos de materiales como arena limosa y limo con diferentes compacidad. Observándose una clara correspondencia de las velocidades de onda longitudinal y transversal con la tendencia de compacidad y resistencia obtenida en la prueba de penetración estándar. Para los tres primeros metros de profundidad se obtuvieron las velocidades más bajas a lo largo del pozo, tanto de onda longitudinal como transversal, las cuales pueden deberse a un retraso de la onda en el relleno circundante al brocal del barreno en la zona superficial, sin confinamiento y de baja compacidad, por lo que no representa un comportamiento natural del terreno y debe despreciarse. Por lo tanto se concluye que de acuerdo a los resultados obtenidos de la exploración directa (en pozos) e indirecta (geofísica) los estratos encontrados son homogéneos y presentan una buena concordancia entre sí, solo difieren un poco en cuanto a espesores y profundidad al estrato duro (roca), lo cual es congruente con las pendientes topográficas de la zona.

IGRGG-08

MICROSISMICIDAD DE LA PORCIÓN NORTE DE LA FOSA TEPIC-CHAPALA Y SU RELACIÓN CON LA TECTÓNICA

Marco A. Delgado Vázquez, Oscar Jiménez S., Sixto Fernández Ramírez y Antonio Uribe Carvajal
Estudios de Ingeniería Civil, Sismotectónica, CFE
E-mail: auc18948@cfe.gob.mx

Mediante la instalación y operación de una red sismológica en forma continua desde el año de 1987 a la fecha, la Comisión Federal de Electricidad investiga el comportamiento en tiempo y espacio de la actividad sísmica en la cuenca del Río Santiago.

Así los estudios recientes de microsismicidad a lo largo del Río Santiago en proyectos Hidroeléctricos, han contribuido al conocimiento de las estructuras geológicas en la porción norte de la Fosa Tectónica Tepic-Chapala. Estos revelan que la corteza ha sido históricamente sometida a grandes esfuerzos de diferentes tipos, donde en la actualidad pequeños cambios pueden llegar a inducir sismos, como los ocurridos en el entorno de embalses al incrementarse la presión de poro por el llenado ó en épocas de lluvia.

La información obtenida en el periodo de 1993 a 1998, entre las coordenadas geográficas, 21.60° a 22.20° de latitud norte y 105.40° a 104.60° de longitud oeste, corresponde al registro de aproximadamente 1500 sismos de magnitud menor a 3.5°, 28 sismos con magnitud entre 3.6° a 4° y, únicamente, dos sismos con magnitud entre 4.1° a 5°. El 85% de estos epicentros se localizaron dentro de la Fosa Tectónica Tepic-Chapala.

Con los hipocentros de dichos sismos se elaboraron perfiles con orientaciones Norte-Sur, Este-Oeste y Noroeste-Sureste donde se muestra una distribución y un comportamiento distribución bien definido que puede ser correlacionado con el régimen tectónico que impera en la región, donde el patrón estructural predominante es NW-SE y NE-SW.

Con el propósito de comprobar el comportamiento y la distribución sísmica se elaboraron otros perfiles de una área mayor comprendida entre las coordenadas geográficas 103.50° a 106° de longitud oeste y 21° a 23° de latitud norte. Los cuales muestran algunas superficies delineadas por hipocentros, las cuales se profundizan hacia la costa, por lo que se pueden considerar como un límite litológico o un cambio en las propiedades del macizo rocoso. Así mismo, se observan bloques escalonados cuyos límites corresponden con orientaciones NW-SE y NE-SW, los cuales están basculados hacia el SW y SE. La presencia de este comportamiento estructural puede ser inferida similarmente desde las inmediaciones de la ciudad de Guadalajara hasta Tepic, para internarse en la costa pacífica.

IGRGG-09

SIMULACIÓN DE TEMBLORES DE DISEÑO PARA TERRENO FIRME EN LA CIUDAD DE PUEBLA

Posada Sánchez A.E.¹, González-Pomposo G.J.¹, Alcántara Nolasco L.² y Jiménez Barroso J.¹

¹ Facultad de Ingeniería, BUAP

E-mail: cs002313@hotmail.com

² Instituto de Ingeniería, UNAM

A raíz de los daños sufridos por las estructuras coloniales en la ciudad de Puebla como consecuencia del sismo de 15 de junio de 1999, se realizaron estudios sísmicos para modificar el reglamento de construcciones del municipio de Puebla. Debido a que no se contó con registros sísmicos de eventos locales para realizar tal modificación, fue necesaria la extrapolación de datos correspondientes a registros del Distrito Federal. Sin embargo, resulta importante considerar que las condiciones geotécnicas y geotectónicas de la ciudad de Puebla son muy distintas a las del Distrito Federal, ya que los eventos provenientes de la región sureste han afectado históricamente en menor escala al D.F. que a la ciudad de Puebla, mientras que para eventos generados en el suroeste ha sucedido lo contrario. Por lo anterior, se ha realizado una revisión de los registros acelerográficos obtenidos provenientes de distintas fuentes sísmicas en el sitio de Barranca Honda (estación BHPP), ubicado al norte de la ciudad y desplantado sobre derrames de andesitas subyacentes por tobas. Mediante el escalamiento de estos ocho eventos empleando como base el modelo de fuente omega cuadrada y omega cúbica, y basándose en los parámetros planteados por el estudio de riesgo sísmico realizado por el GREAN en 1999, se han simulado distintos temblores de diseño, de acuerdo a las posibles fuentes de generación de sismos que afectan a la

ciudad y de las que se cuenta con registros. El objetivo del trabajo es crear señales sísmicas de aceleración que correspondan a las condiciones del terreno a partir de las distintas fuentes sísmicas, y que tengan características adecuadas para emplearse en el diseño de estructuras en este tipo de terreno dentro de la ciudad. Para este estudio se emplearon ocho distintos registros: un evento local, tres eventos originados por fallamiento normal y cuatro más generados en la zona de subducción del Pacífico, dos de ellos procedentes de la costa sur-occidental y dos de la costa sur-oriental. Finalmente se realizó una comparación entre los resultados obtenidos con los datos de la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla (RACP) y un evento generado para espectros de respuesta en roca correspondiente a un periodo de recurrencia de 150 años. Entre los resultados obtenidos se observa que los mayores riesgos para el terreno firme de la ciudad de Puebla corresponden a eventos generados por fallamiento normal ya que la concentración de altas aceleraciones en la región que corresponde a periodos entre 0.5 y 2.0 s puede afectar gravemente a estructuras del tipo colonial, que abundan en la ciudad de Puebla. Se observa también que los eventos de subducción que mayor daño pueden causar a la ciudad son los provenientes de la costa sureste del país, puesto que los eventos generados en la región del sur-oeste se ven atenuados notoriamente.

IGRGG-10

EL TERREMOTO DE AREQUIPA, PERÚ DEL 23 DE JUNIO DE 2001 (MW=8.4): OBSERVACIONES SISMOLÓGICAS, ATENUACIÓN SÍSMICA Y EFECTOS DE SITIO EN LAS CIUDADES DE AREQUIPA, CAMANA, MOQUEGUA, ILO Y TACNA

Javier Lermo, Fernando Lázares y Julio Cuenca
Coordinación de Ingeniería Sismológica, Instituto de Ingeniería,
UNAM

E-mail: lermo@inti.iingen.unam.mx

Efectos locales de sitio son analizados en varias ciudades del Perú, a partir de datos de réplicas ($4.2 < M_s < 6.6$) del terremoto de Arequipa ($M_w = 8.2$, $M_s = 7.9$) de fallamiento inverso. El método de Nakamura y una variación del método estándar (Método promedio) fueron aplicados a los datos mencionados, registrados en las ciudades de Arequipa, Moquegua, Tacna, Ilo y Camaná. Amplificaciones relativas mayor a 10 veces fueron observadas en la mayoría de ellas. Sin embargo el rango de frecuencias en las cuales éstas ocurren, son las siguientes: en Arequipa a partir de 1 a 20 Hz; en Tacna a partir de 0.3 a 10 Hz; y en Moquegua, Ilo y Camaná a partir de 2 a 10 Hz. Los daños en las edificaciones responden a los efectos de sitio encontrados en las cinco ciudades. Además, utilizando la mayoría de los datos de las estaciones de referencia se pudo obtener la siguiente relación de atenuación: $\text{Log}(A_{\text{max}}) = 1.3 + 0.3M - \text{Log } R - 0.0031R$.

IGRGG-11

CURVA DE ATENUACIÓN LOCAL EN UNA ESTACION ACCELEROGRÁFICA A PARTIR DE UN POZO DE SONDEO

González Pomposo G.J., Jiménez Barroso J., Posada Sánchez A.E., Reyes Santos L., De la Luz Santacruz R., Spinola Molina J. y García Rodríguez H.S.
Facultad de Ingeniería, BUAP
E-mail: yany_jm@yahoo.com

Este trabajo presenta el cálculo de la curva de atenuación empírica local, para distintas profundidades en la estación acelerográfica localizada en el Paseo Nicolás Bravo, que forma parte de la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla. Esto se realizó por medio de los registros acelerográficos que se obtuvieron durante la perforación de un sondeo para obtención de muestras de suelo en dicha estación. La información analizada se obtuvo con dos acelerógrafos de alta (18 bits) y baja (12 bits) resolución instalados en el sitio. El estudio se realizó a distintas profundidades con el fin de detectar las diversas señales provocadas por la fuente dinámica controlada. La señal así recabada es una convolución de tres señales distintas: la fuente, la trayectoria y la respuesta del equipo. Al calcular los cocientes espectrales entre las distintas señales así obtenidas, eliminamos la fuente y la respuesta del equipo (factor común en ambas), obteniendo solo la relación de efectos de trayectorias. Lo anterior proporciona información sobre las características dinámicas de los diferentes estratos del suelo bajo la estación de manera directa (a partir de la perforación) y de registros acelerográficos. Las relaciones que se utilizaron son las H-V, para determinar el efecto que provoca una excitación vertical en las componentes horizontales, y las relaciones espectrales, para determinar la atenuación presentada con la profundidad ante una misma fuente. Durante la perforación se detectaron estratos de material rocoso tipo travertino, correspondientes a depósitos sulfurosos, en espesores de 1.50 a 4.00 m intercalados con estratos de material arcilloso y limoarenoso suelto. La profundidad de excavación fue de 60 m para lograr establecer las propiedades dinámicas de un estrato de suelo que pueda considerarse cercano al basamento. Este pozo será utilizado posteriormente para la instalación de sensores de aceleración a diferentes profundidades.

IGRGG-12

ESTUDIO GEOTÉCNICO PRELIMINAR DEL TRAMO 60+000 AL 61+000 DE LA CARRETERA FEDERAL NO. 85 MÉXICO-LAREDO, ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

José Luis Jiménez Mendoza y Fernando Ramírez Chaves
Facultad de Ingeniería, UNAM
E-mail: jimendoza@mailbanamex.com

La ampliación de la carretera federal No. 85 México-Laredo, requirió de un nuevo trazo en el tramo Julian Villagran-Ixmiquilpan con la finalidad de evitar la fuerte pendiente que tiene la vía en el paraje Puerto de los Pastores.

El objetivo de este trabajo fue conocer la geología detallada del trazo carretero entre los cadenamientos 60+000 y 61+000, así como establecer las características geotécnicas de las rocas presentes para identificar los posibles problemas que se presentaran durante la construcción.

La columna estratigráfica local está constituida por calizas de la formación El Doctor del Cretácico Inferior, las cuales se encuentran cubiertas en discordancia angular por la secuencia vulcanoclástica de la formación Tarango del Plioceno Superior, ambas unidades son cubiertas por depósitos de talud y aluviales de edad reciente. Las rocas cretácicas forman un sinclinal orientado norte-sur con buzamiento al norte. Se identificaron dos sistemas de fracturamiento: el primero con una orientación N-S y NW-SE con echados variables, tanto al NE como al SW y se relaciona con los esfuerzos compresivos de la Orogenia Laramide; el segundo se relaciona con fallas normales distensivas con rumbos que varían de E-W a NW-SE con echados fuertes tanto al norte como al sur.

El análisis de los datos geológicos y geotécnicos indican que durante el corte del tramo carretero posiblemente se presenten los siguientes problemas: cuñas en el macizo rocoso con salida al corte, deslizamiento de capas de pequeño espesor y con fuerte echado en dirección al eje de la vía, oquedades en los taludes debido a la erosión diferencial de horizontes de arena volcánica no consolidada.

Para minimizar los problemas descritos se recomienda no sobrefracturar el macizo rocoso durante las voladuras.

IGRGG-13

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA ALTERNATIVA VÍAL EN LA CIUDAD DE TAXCO DE ALARCÓN, GRO.

Javier Bustamante García¹, Alejandro Jaimes Fuentes¹, Víctor Gómez Blanco² y Joel Ramírez Espinosa¹

¹ Universidad Autónoma de Guerrero

E-mail: jaboroc@hotmail.com

² Ayuntamiento de Taxco

Debido a la creciente necesidad de contar con una vía que libere y agilice el flujo vehicular de la Carretera Federal No. 95 México-Acapulco dentro de la Ciudad de Taxco de Alarcón, se ha puesto en marcha por iniciativa de las autoridades municipales, el proyecto de construcción de un libramiento que circunda la zona urbana de esta ciudad y con ello beneficiar a un promedio de 80 000 habitantes que harán uso de la misma.

El estudio geológico realizado se enfocó en definir superficialmente las características físicas del macizo rocoso donde se emplazarán las obras del proyecto. La información obtenida muestra la distribución y relaciones de las distintas unidades litológicas que se encuentran aflorando en el área estudiada, mismas que son el resultado de los levantamientos de geología de campo a semidetalle y detalle a escalas 1: 5 000 y 1: 2 000 de una franja de 2.4 kilómetros cuadrados a

lo largo y ancho en el trazo proyectado. En este estudio se describen áreas de interés donde se identificaron zonas inestables determinadas a partir del análisis de las discontinuidades así como de la distribución de los trabajos mineros presentes y su relación con la obra. Se dan a conocer las recomendaciones para aquellas zonas susceptibles a remoción por métodos mecánicos o por el uso de explosivos. Dichos trabajos sirvieron de base para los trabajos de geofísica y mecánica de rocas aplicadas a la obra.

De acuerdo a los estudios geológicos, el trazo propuesto se consideró como factible. Actualmente se han concluido los trabajos de corte de la plantilla con tractor en una distancia de 2.9 kilómetros del tramo El Panteón-Cazallas, mientras que el embovedado de la Barranca "Lo de Tapia" y su respectiva plantilla se ha realizado casi en su totalidad. Se han implementado algunos métodos de estabilidad de taludes para los sitios considerados como inestables tomando como base las consideraciones derivadas de la propuesta inicial.

IGRGG-14

LOS DESLIZAMIENTOS EN MASA DEL ESCARPE LA PALOMA EN LA CIUDAD DE MORELIA, MICH., MÉXICO

Arreygue-Rocha E., Garduño-Monroy V.H., Hernández-Madrigal V.M., Mora-Vences F. y Alditurriaga-González O.

Depto. de Geología y Mineralogía, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH

E-mail: arrocha@zeus.umich.mx

En los últimos años la inestabilidad de taludes ha despertado el interés en los estudiosos de las Ciencias de la Tierra, ya que día con día este tipo de fenómenos están afectando más a las obras civiles y en muchos casos a los centros habitacionales que se encuentran localizados cerca de algún problema de esta índole.

La Ciudad de Morelia está ubicada en una zona donde se han reconocido varios tipos de peligros geológicos (inundaciones, inestabilidad de taludes, falla-creep-subsistencia, etc). Su mancha urbana ha ido invadiendo en los últimos 20 años zonas de riesgos que, hasta 1970, habían sido consideradas como reservas naturales.

Desde un punto de vista estructural el talud representa el flanco sur de un semigraben que se asienta en correspondencia a la falla normal del sistema Morelia-Acambay. La tipología de los movimientos presentes es variada y está ligada a las características litológicas y estructurales de los materiales, también las dimensiones de los fenómenos resultan extremadamente variables.

En los últimos 20 años las construcciones han llegado a la base del escarpe de la falla denominada La Paloma, ubicada al sur de la ciudad, caracterizada por un fuerte grado de inestabilidad. El escarpe La Paloma constituye uno de los principales elementos geomorfológicos de la ciudad,

extendiéndose en dirección E-W. Su altura máxima es de aproximadamente 200 m, pero su desnivel efectivo va más allá de los 250 m.

Fenómenos de deslizamiento rototraslacionales han sido identificados en diferentes puntos del escarpe como son el de Sedue, en El Campestre, y zona de Ocolusen, además se pueden observar otros pequeños fenómenos. Movimientos de caída y volcamiento de bloques afectan los materiales "consolidados" que se observan a lo largo del acantilado. Estos movimientos están asociados a la presencia de varios bloques, con volúmenes de diversos metros cúbicos, que por ahora se han detenido a la mitad del talud y que son susceptibles de nuevos movimientos. Tales bloques, vista la ausencia de obstáculos morfológicos en su trayectoria, pueden llegar al centro habitado localizado en la parte inferior del escarpe. Este último movimiento de bloque podría ser generado por un ligero sismo de carácter regional.

IGRGG-15

FRACTURAS Y FALLAS DEL TERRENO EN LA ZONA URBANA

Mata-Segura J.L., Torres-Hernández J.R. y Labarthe-Hernández G.

Instituto de Geología, UASLP

E-mail: jolumata@hotmail.com

En los últimos cinco años, en la zona urbana de la ciudad de San Luis Potosí, han estado ocurriendo rupturas y agrietamiento del terreno, lo que ha ocasionado rompimiento progresivo del pavimento de calles, sistema de agua potable y drenaje, rupturas y grietas menores de casas habitación y de algunos edificios públicos. Este fenómeno ocurre principalmente a lo largo de una línea con dirección N-S en su parte septentrional y N-NW en su parte meridional. Este rasgo (que denominaremos Falla Aeropuerto), se ha cartografiado por poco más de 5 kilómetros. Los rasgos generales de la falla son formación de grietas de tensión; depresiones y pliegues alargados de pisos de casas y en pavimentos de calles (los ejes de los pliegues y planos de ruptura son oblicuos respecto a la traza de la falla), y asentamientos diferenciales entre los bloques que divide la falla.

Las hipótesis planteadas para explicar el fenómeno fueron: a.- mala cimentación de las construcciones, b.- sobre explotación de los acuíferos profundos; c.- reactivación de fallas normales, d.- ambas cosas; e.- una falla lateral con bajas tasas de desplazamiento (<2 cm por año).

La hipótesis a queda eliminada por que la ruptura del piso de las casas y calles es un rasgo lineal, y fuera de esa línea no hay perturbación notable. En cuanto a la hipótesis b, en la ciudad de San Luis Potosí, como en otras ciudades del centro de México, el crecimiento de la población ha sido acelerado en los últimos 20 años, por lo que se ha incrementado la perforación de pozos profundos para el abastecimiento de agua potable, generando con esto la sobre explotación de los

acuíferos. En ciudades como Celaya, Aguascalientes, Morelia y Querétaro, la extracción acelerada de agua ha ocasionado asentamientos del terreno y la formación de fallas en la zona urbana. En esos casos, los asentamientos siguen los patrones de fallas regionales que definen la estructura tectónica de los valles donde se asientan las zonas urbanas. En el caso de la ciudad de San Luis Potosí, existe cierta correlación entre la traza de la Falla Aeropuerto y una de las principales estructuras en el subsuelo, sugiriendo que pueden estar ligadas genéticamente.

La hipótesis c solo podría considerarse si el fenómeno se caracterizara por el asentamiento de uno de los bloques con respecto del otro, y si el patrón general de fracturas fuera paralelo o semiparalelo a la traza de falla, y los pliegues fueran monoclinales, con plano axial también paralelo a la falla pero en este caso son más bien oblicuos. Estos mismo argumentos pueden usarse para desechar la hipótesis d. En cuanto a la hipótesis e, las características de ruptura del terreno en la zona urbana que se mencionan al principio, sugieren un tipo de ruptura por fallamiento a rumbo más que por asentamiento de terreno, o por fallamiento normal.

En conclusión, las características del fenómeno antes señaladas, nos permiten favorecer la hipótesis e, sin que se pueda eliminar una participación importante de la opción b.

IGRGG-16

EL HUNDIMIENTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO EN EL PERÍODO 1995-2001 OBSERVADO CON GPS

Aristóteles Jaramillo y Osvaldo Sánchez
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: osvaldo@ollin.igeofcu.unam.mx

Desde 1995, personal del Instituto de Geofísica de la UNAM ha estado realizando un monitoreo del desplazamiento vertical en una red de 16 puntos ubicados en la Ciudad de México y zonas aledañas, usando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) con el método estático y post-proceso de los datos con el software del JPL-California Institute of Technology GIPSY-OASIS II.

Los hundimientos que observamos van desde cero en los puntos ubicados en la zona de lomas hasta casi 30 cm/año en el Aeropuerto Internacional Benito Juárez.

Con el objeto de analizar si el tipo de monumento geodésico que usamos podía influir en los resultados, calculamos los esfuerzos verticales y con ellos los asentamientos debidos al monumento y encontramos que éstos son del mismo orden que los errores implícitos en el método, con lo cual concluimos que los resultados no están afectados por el tipo de monumento.

De igual forma observamos que la mayoría de los hundimientos coinciden con lo que se esperaría, al menos cualitativamente, con la estratigrafía de la zona donde se ubica el punto de monitoreo.

Adicionalmente procesamos los datos con el software de Leica Ski-Pro y aunque éste usa una estrategia diferente a la de GIPSY, los resultados son los mismos. Esto es debido en gran parte a que los datos originales son en general de buena calidad.

IGRGG-17

SHEETING (DIACLASAS PLANAS) Y DESLIZAMIENTOS EN LA CD. DE GUANAJUATO

John A. Randall Roberts
Universidad de Guanajuato
E-mail: randall@redes.int.com.mx

Una serie de horizontes de fracturas planas, paralelos a los pendientes topográficos se presentan en las rocas duras pero rígidos, como las formaciones Conglomerado Rojo de Guanajuato y formación basáltica La Luz, en la Cd. De Guanajuato y sus alrededores, que representan un riesgo para la construcción. Ha habido unos casos de deslizamientos sobre ellas. Existen por lo menos dos horizontes (1) el primero a 2-7 mts. de profundidad, y (2) la segunda a 5-20 mts. de profundidad, ambas son fácilmente reconocidas en cortes de carreteras y por sondeos eléctricos verticales. La resistividad eléctrica de las fms. Conglomerado de Gto. y La Luz está en el rango de 200 a 500 ohm mts. mientras en las franjas de sheeting la resistividad baja a unos 25-75 ohm mts. haciendo dichas zonas Fáciles de reconocer en los SEV. Formaciones menos rígidas como las filitas de la fm. Esperanza y los volcánicos del Terciario no muestran el sheeting. Se propone que el origen de este tipo de diaclasamiento semi plano es típico de sheeting en otros lugares siendo debido a levantamiento tectónico rápido pero en pulsos durante el último millón de años. Sobre la Falla del Bajío y otras, el movimiento tectónico ha desplazado a los basaltos del Cerro del Cubilete casi un kilómetro en sentido vertical en un máximo de 1.5 millones de años, indicando un movimiento promedio de un mínimo de 0.7 mm al año, que sin duda ha sido en pulsos dando a menudo un levantamiento mayor.

IGRGG-18 CARTEL

UTILIZACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA AL ANÁLISIS DE LAS FALLAS Y FRACTURAS DE LA CUENCA DE MÉXICO

Del Valle L.¹, Galván H.A.¹, Espinosa G.¹, Garrido A.¹⁻³, López C.¹ y García-Palomo A.¹⁻²

¹ Servicio Geológico Metropolitano
E-mail: apalomo@geologia.unam.mx

² Instituto de Geología, UNAM

³ Instituto de Geografía, UNAM

El Servicio Geológico Metropolitano (SEGEOMET) realiza estudios de tipo geológico, sísmico, geohidrológico, geotécnico y de peligros geológicos en la Cuenca de México, de los cuales se ha generado una gran cantidad de información por lo que surgió la necesidad de trabajar con Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Actualmente se esta llevando a cabo el proyecto "Mapeo y análisis de las fallas y fracturas de la Cuenca México a escala 1:250 000". Este análisis se está realizando a tres niveles: imágenes de satélite, fotografías aéreas y trabajo de campo, de los cuales se obtienen datos como: localización, rumbo, echado, longitud, espaciamiento, relleno, edad y cinemática de cada una de las fallas y fracturas. Toda esta información que se obtiene se integra dentro de un Sistema de Información Geográfica que se actualiza constantemente de tal manera que toda esta información se puede manipular y analizar para los diferentes fines que se persiguen dentro del SEGEOMET, por ejemplo el mapa estructural de la Cuenca de México, definición de las zonas de recarga, zonas susceptibles a deslizamiento y zonas sísmicas.

IGRGG-19 CARTEL

MECANISMOS DE ENDURECIMIENTO HIDRÁULICO PUZOLÁNICO DE LAS TOBAS PUMÍTICAS (JAL) DE LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, JALISCO, MÉXICO

David Vargas del Río¹, Pedro F. Zárate del Valle² y Humberto Gutiérrez Pulido³

¹ Laboratorio de Investigación del Posgrado en Ingeniería Civil, CUCEI, Universidad de Guadalajara
E-mail: davideberto@hotmail.com

² Depto. de Química, CUCEI, Universidad de Guadalajara

³ Depto. de Matemáticas, CUCEI, Universidad de Guadalajara

Se llama puzolana a todo material que, finamente molido, al combinarse con cal y en presencia de agua otorga propiedades cementantes a un conglomerante no hidráulico como la cal. A la propiedad anterior se le conoce como actividad puzolánica (AP) la cual se basa en que la sílice (SiO_2) y la alúmina (Al_2O_3) (componentes de los materiales puzolánicos), cuando son finamente molidos y en presencia de humedad y a temperatura ambiente, son capaces de reaccionar químicamente con la cal (hidróxido de calcio: $\text{Ca}(\text{OH})_2$) para generar compuestos (tobermorita) con propiedades cementantes. La AP requiere que las uniones químicas de la sílice y la alúmina sean lábiles (zeolitas, vidrios volcánicos y materiales activados). Esta reacción es de tipo ácido-base entre los óxidos (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) y los álcalis (Na_2O y K_2O) de la puzolana y el hidróxido de calcio, siendo sus características: 1) la disminución gradual de la cantidad de hidróxido de calcio y 2) la formación de hidrosilicatos de calcio, hidroaluminatos de calcio e hidroaluminosilicatos de calcio, los cuales son similares a los productos de la hidratación del cemento Portland. Mineralógicamente durante la AP se forman principalmente tobermoritas pobremente cristalizadas (gel), las cuales son hidrosilicatos de calcio de composición $(\text{CaO})_x(\text{SiO}_2)_y(\text{H}_2\text{O})_z$ con una razón Ca/Si que va de 1.39 a 1.73 y con aspecto al microscopio electrónico que varía de laminillas irregulares a escamas, nódulos o fibras.

El subsuelo de la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG) está formado principalmente por la formación geológica denominada Toba Tala, la cual consiste de un material piroclástico tipo pumítico, compuesto en su mayor parte por vidrio volcánico y que localmente se conoce como jal. La AP utilizando el jal de La ZMG, se siguió a través del tiempo (7-90 días) con microscopía óptica, difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido, observándose que el gel de tobermorita se genera en la superficie de los granos de la puzolana, adquiriendo la forma de glóbulos amorfos que enlazan unas partículas con otras; estos glóbulos amorfos aumentan progresivamente en cantidad a través del tiempo, observándose también un incremento progresivo en la resistencia a la comprensión simple del material resultante. Los elementos críticos a controlar en la AP son: tamaño de partícula de la puzolana, relación agua/cementante, proporción de puzolana en la mezcla, tiempo de curado, temperatura y humedad circundantes (propiedades de curado), etc. Por tratarse de una investigación experimental y para optimizar las proporciones de los tres componentes considerados (puzolana, cal, cemento) se aplicó un diseño de mezclas simplex-lattice (3,3) aumentado X diseño factorial 3k.

Sesión

Métodos y Modelación Geofísicos

Jueves 7

SALA A

MMG-01

ON THE METHODS OF REGULARIZATION IN DETECTING THE INDUSTRIES WHICH VIOLATE PRESCRIBED EMISSION RATES

Yuri N. Skiba

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

E-mail: skiba@servidor.unam.mx

The release of toxic gases from industrial plants constitutes a serious hazard to human health and environment. Therefore it is of great importance to exercise control over industrial emissions. Besides, this problem is also of considerable mathematical interest. For example, let measurements show that $J > J_n$ in a zone A, where J is average concentration of a pollutant in the zone A during some time interval and J_n is a sanitary norm. In this case, one of the control strategies should be applied to improve the ecological conditions in the zone. Normally, any control strategy requires reductions in the emission rates of the industries located in the region so that to guarantee the fulfillment of a sanitary norm in the zone: $J < J_n$.

It is of practical importance to consider the situation when, in spite of applying an appropriate control strategy, the measurements again show unsatisfactory result: $J > J_n$, and hence, some industrial plants are responsible for excessive polluting the zone A. This raises the question of detecting and sanctioning the plants, which have violated prescribed emission rates. In the present work, a method of detecting such industrial plants is suggested. The method is based on applying the adjoint model solutions and is reduced to the solution of a system of linear equations. For the simplicity of presentation, the method is given here for a simple two-dimensional pollution transport model. However, it is readily applied to a three-dimensional pollution transport model. Various regularization techniques leading to a well-conditioned square matrix of the system are suggested. It is noted that the end-of-pipe control estimates can also be used in detecting the guilty industries.

MMG-02

SIMULACIÓN NUMÉRICA DE ONDAS DE TORMENTA Y CIRCULACIÓN COSTERA INDUCIDAS POR CICLONES TROPICALES EN LA REGIÓN SUR DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

Eleonora Romero Vadillo, Oleg Zaytsev y Ruben A. Morales Pérez

Universidad Autónoma de Baja California Sur

E-mail: eleonora@balandra.uabcs.mx

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

En las últimas décadas la región sur de la Península de Baja California a sido fuertemente impactada por algunos huracanes tropicales de categorías 3 y 4. Las elevaciones de nivel del mar y la circulación generadas por éstos fenómenos son de importancia, no solo por su potencial para causar inundaciones en poblaciones costeras, sino por la erosión y el depósito de sedimentos en las costas.

Los datos sobre la elevación de nivel se obtienen puntualmente en los sitios donde existen mareógrafos instalados (Puerto Pichilique en La Paz y Cabo San Lucas). Sin embargo, dado que no es posible obtener experimentalmente las variaciones de nivel y las corrientes generadas por una tormenta en toda una región, estas se obtienen mediante simulaciones numéricas. En este trabajo se emplean los modelos Wes Implicit Flooding Model (WIFM) y Estándar Project Hurricane (SPH) del Coastal Engineering Research Center (CERC, NOAA) para simular las perturbaciones hidrodinámicas generadas por los huracanes Liza (1976, cat. 4), Kiko (1989, cat.3), Fausto (1996, cat.3) y Juliette (2001, cat.4) en la parte sur de la Península de Baja California.

Los resultados numéricos muestran que los huracanes Liza y Kiko, los cuales ingresaron al Golfo de California, tuvieron un mayor impacto en la región de la Bahía de La Paz, provocando en la cabecera de la Bahía una elevación de nivel de 2 m (Liza) y 1.5 m (Kiko) en su máximo, mientras que Fausto y Juliette presentaron mayores elevaciones en la región de Los Cabos que fueron de 1 m y 0.5 m respectivamente. Las mayores velocidades se observaron en todos los casos en canal San Lorenzo de la Bahía de La Paz, las cuales sobrepasaron 1 m/s en todos los casos. Los resultados obtenidos mediante el modelo fueron corroborados por las observaciones mareográficas.

MMG-03

ON THE CHOICE OF APPROPRIATE NORMS IN THE NONLINEAR STABILITY STUDY OF THE ROSSBY- HAURWITZ WAVES

Yuri N. Skiba

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

E-mail: skiba@servidor.unam.mx

The Rossby-Haurwitz (RH) waves are of great meteorological importance, and the study of their stability properties can answer many interesting questions related to cyclic interchange of basic types of the atmosphere circulation regimes. Each RH wave represents the sum of the two components: a super-rotation and a homogeneous spherical polynomial of degree n . Since a RH wave is exact periodic solution to the nonlinear barotropic vorticity equation on a rotating sphere, both the orbital instability and Liapunov instability of such a solution are of principle interest. The present work deals with these two kinds of the instability. All the possible perturbations to the RH wave are divided into four invariant sets, and Hilbert spaces of functions of different smoothness on a sphere are considered. A factor space of perturbations and a factor norm are introduced. A few norms are found, which show similar temporal behavior of perturbations to the RH wave in the sense that all these norms grow or decrease simultaneously for any RH wave perturbation. Thus, from mathematical point of view, each of these norms can be used in the stability analysis. The equivalence relations between these norms in each invariant set are analyzed. Every

perturbation can be divided into the two components, of which one is tangent to the basic RH wave and the other is orthogonal to it, and the control over behavior of these components with different norms is discussed. In this connection, it is shown that the most popular norms (the energy norm and the enstrophy norm) usually used for estimating the RH wave perturbations are not so good for the nonlinear instability study, because they control the behavior of tangential perturbations only.

MMG-04

ALGUNOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA MEDIR LA ASOCIACIÓN ENTRE FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS A GRAN ESCALA Y VARIABLES CLIMÁTICAS REGIONALES

Isidro Roberto Cruz Medina
Instituto Tecnológico de Sonora
E-mail: rcruz@itson.mx

La modelación de variables climáticas como la precipitación, temperatura, evaporación etc., son de gran importancia, entre otras razones, porque permiten la planeación de diversas actividades humanas como la agricultura. Para la predicción de estas variables se han utilizado modelos determinísticos, probabilísticos y modelos mixtos. En los modelos probabilísticos usualmente resulta difícil incorporar la información de fenómenos atmosféricos a gran escala como los monzones y los fenómenos de "El Niño" y de "La Niña", debido entre otras razones, a que no se dispone de una medida única de asociación entre estos fenómenos (difíciles de caracterizar aún con variables multidimensionales) y las variables climáticas de interés como la precipitación y la temperatura.

El objetivo de este trabajo es describir algunos métodos estadísticos susceptibles de utilizar para medir el grado de asociación entre los fenómenos de "El Niño" y de "La Niña" y variables climáticas como la precipitación y la temperatura. Cuando se utiliza una variable unidimensional continua para la caracterización de "El Niño" o de la "Niña", se puede utilizar la medida de asociación lineal mas conocida, el coeficiente de correlación o correlación de Pearson, que se puede interpretar como el coseno del ángulo entre el vector que caracteriza al fenómeno atmosférico y el vector formado por la variable de interés. Si se utiliza una variable multidimensional para la caracterización del fenómeno atmosférico se puede utilizar el coeficiente de determinación, que se puede interpretar como el cuadrado del coeficiente de correlación máximo entre cualquier combinación lineal de las variables que caracterizan al fenómeno y la variable de interés.

Cuando se desea determinar la asociación entre una variables de clasificación (como por ejemplo una variable que asigne el valor 1 a los años "normales", 2 a los años con influencia de "El Niño" y 3 a los años con influencia de "La Niña") y la precipitación o la temperatura, esta variable clasificatoria se puede utilizar en un Análisis de Varianza, utilizando como medida de asociación el coeficiente de

determinación. Si la distribución de la variable de interés es marcadamente asimétrica se puede utilizar un análisis de varianza noparamétrico (la prueba de Kruskal y Wallis).

La aplicación de estos métodos estadísticos a la precipitación del Sur de Sonora permite concluir: 1) La precipitación en el Sur de Sonora está significativamente afectada ($\alpha=0.05$) por el fenómeno de "El Niño" y su efecto es una reducción en la precipitación anual. 2) La precipitación en esta región no es afectada por el fenómeno de "La Niña". La primera conclusión puede ser utilizada para mejorar las predicciones de la precipitación utilizando modelos probabilísticos específicos para los años «normales» y para los años en donde se prediga la presencia del fenómeno de "El Niño".

MMG-05

A DYNAMICAL MODEL FOR PYROCLASTIC FLOWS

Gustavo Cordoba
Universidad de Nariño, Colombia
E-mail: gcordoba@udenar.edu.co

A 2D bi-phasic model of pyroclastic flows dynamics is shown. The model uses the full compressible Navier-Stokes equations coupled with the convection-diffusion equation in order to take into account for the sedimentation. In despite of the complex mathematical formulation of the model, it has been implemented in a Personal Computer due to an assumption of two phase one velocity model which reduce the number of equations in the system. This non-linear equation system is solved numerically by using the Finite Element Method.

Two initial volumetric fraction of solids are modeled for which the fields of temperature, particle concentration, velocity and dynamical pressure are shown along one of the slopes of Galeras volcano from the crater-vent to a topographical barrier located about 16 Km distance.

The results shows that from the human point of view, the the flow remain lethal along all its path due to the particle concentration and temperature are allways above the human survival threshold, however from the structural point of view, the structures could still stand and reparables at distances longer than 6 Km.

MMG-06

ALGORITMO DE RECONSTRUCCIÓN PARA IMÁGENES DE PERMITIVIDAD BASADO EN SIMULATED ANNEALING

Carlos Ortiz-Alemán, Carlos Gamio, Alfredo Nicolás y David Parra
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: jcortiz@imp.mx

Se presentan resultados preliminares acerca del diseño de un algoritmo de reconstrucción de imágenes de permitividad obtenidas mediante la técnica de tomografía eléctrica de

capacitancia. Esta técnica se utiliza, entre otras aplicaciones, para la visualización indirecta de flujos multifásicos a través de tuberías. El principio básico de este método se basa en la colocación de un sensor compuesto por 12 electrodos alrededor del tubo donde se desea visualizar el flujo. El sensor se conecta a un aparato que permite medir todas las diferentes capacitancias formadas entre pares de electrodos. A partir de este conjunto de mediciones se estima una distribución de permitividades eléctricas en el interior de la tubería (en la sección transversal definida por el sensor), utilizando un algoritmo de inversión basado en simulated annealing. Este mapa de permitividades debe reflejar el arreglo espacial de las fases en el flujo.

MMG-07

PROPAGATION OF ELECTROMAGNETIC WAVES THROUGH THE NON-UNIFORM SPHERICAL LAYERS

G.N. Burlak, A. Zamudio-Lara and P.A. Márquez-Aguilar
CIICAp, FCQel, Universidad Autónoma del Estado de Morelos
E-mail: gburlak@uaem.mx

We discuss the features of propagation of electromagnetic waves through the non-uniform layers with spherical geometry. Such homogeneity occurs due to various deep-laid inclusions and it results in the radial dependence of dielectric permittivity of the layers, which takes place on different depth. The frequency dependencies of the reflection and transmission coefficients are very important for the case of layers with a strong frequency dispersion. The dielectric permittivity of such layers may become negative in the certain range of frequencies that corresponds to a strong reflection from a layer. In general such a problem has not the analytical solution and we discuss some algorithms of its numerical exploring. We analyze some representative examples and also the spectrum of eigenfrequencies and the radial distribution of electromagnetic fields in spherical system. Such problem may model some wave electromagnetic processes around of the Earth.

MMG-08

INVERSION DE RESISTIVIDAD Y ELECTROMAGNETICOS SOMEROS POR INTERNET E INVERSION CONJUNTA

Marco Antonio Pérez Flores y Enrique Gómez Treviño
Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE
E-mail: mperez@cicese.mx

Hemos desarrollado una metodología para invertir datos de resistividad de corriente directa y electromagnéticos de baja frecuencia para obtener la distribución de la resistividad de un subsuelo bidimensional. Se consideran datos de dipolo-dipolo y datos de bobinas electromagnéticas del tipo EM-34 de Geonics, con la condición que las mediciones de ambas metodologías se tomen en forma colineal. La técnica de inversión se basa en el concepto de que cualquier medición eléctrica o electromagnética se puede representar como un promedio ponderado de todas las resistividades del subsuelo,

reduciendo el problema de inversión al proceso intuitivo de "despromediar" los datos. En el presente trabajo se presenta el modo como un usuario desde cualquier parte puede tener acceso a la página WEB y los pasos para obtener un ejemplo guía para correrlo en forma gratuita y de la misma manera introducir los datos de su área de estudio respectiva. Se presentan ejemplos de aplicación de los programas CICES y CICHEM34. Al final se presentan los resultados de una investigación reciente donde hacemos inversión conjunta y contrastamos con la inversión individual. La dirección de internet para tener acceso gratuito es: <http://arcada.cicese.mx/geofisica/dc/direct-current.html>.

MMG-09

APLICACIÓN DEL RADAR DE PENETRACIÓN DEL SUBSUELO EN LA IDENTIFICACIÓN DE LITOLOGÍA Y ESTRUCTURAS SUPERFICIALES EN LA REGIÓN DE LAGUNAS, OAXACA. MÉXICO

Márquez-García A.Z.^{1,2}, Faz-Pérez P.² y Pérez-Aguilar V.¹

¹ Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa

E-mail: azmg@xanum.uam.mx

² Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C., Temixco, Morelos

Se realizó un levantamiento geológico con un Radar de Penetración del Subsuelo, en la localidad de Lagunas, Oaxaca, apoyado por la Cooperativa Cruz Azul y el Centro de Soporte Ecológico Huatulco. El objetivo fue identificar la litología y estructuras superficiales presentes en el área, variando los siguientes parámetros: la frecuencia de operación del radar en 50, 100 y 200 Mhz, la longitud y orientación de las secciones, tiempo de señal y distancia en el intervalo de antenas. El trabajo consistió en realizar un reconocimiento geológico del área, ubicar las líneas de sección con un GPS. Se aplicaron las técnicas de reflexión y análisis de velocidad.

Los reconocimientos se llevaron a cabo en cuatro localidades con diferentes litologías: rocas metasedimentarias, calizas, y material aluvial, así como un levantamiento en tres dimensiones de fallas y fracturas en rocas calizas. En las rocas metasedimentarias se detectaron dos horizontes reflectores que representan los contactos de los estratos de las formaciones presentes, las cuales consisten en las rocas metasedimentarias compuestas de pizarras con lentes de calizas y vetas de cuarzo, suprayaciendo se encuentra material aluvial; la presencia de agua se localizó a 1.60 metros de profundidad.

En la zona de rocas calizas se identificaron en forma precisa sus contactos estratigráficos, debido a su densidad, mostrando una estratificación gruesa y buzante de las calizas con ausencia de agua.

En el material aluvial, las gráficas muestran una fuerte distorsión debido a la presencia de túneles presentes bajo un puente que se localizó dentro de la sección, la velocidad de propagación de 0.5 a 0.15 ns corresponden a material de aluvión, calizas y arenas observados en esta parte. Finalmente,

el análisis en tres dimensiones llevado a cabo sobre un afloramiento de calizas con estratificación gruesa, buzante y de fracturamiento intenso, se identifican tres reflectores discontinuos debido a las fracturas presentes, las cuales se pueden seguir a profundidad muy claramente.

Por otro lado, la disipación de la señal en la mayoría de los casos fue a causa de la presencia de agua o suelos muy húmedos por lo que el radar de penetración tiene una aplicación potencial en la prospección de agua, aparte de la información valiosa que puede aportar en los diferentes trabajos geológicos del subsuelo, por ejemplo: estudios de filtración, compactación entre otros.

MMG-10

ELECTRICAL ARRAYS FOR TENSOR-MEASUREMENTS IN HETEROGENEOUS ANISOTROPIC MEDIA

E. Pervago, A. Mousatov and V. Shevvin
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: epervago@imp.mx

The resistivity method is frequently applied for the solution of geological problems in electrically anisotropic environments. The superficial DC resistivity arrays allow obtaining only horizontal components of the electrical resistivity tensor in azimuthally-anisotropic media. Traditional anisotropic resistivity survey (ARS) requires performing a set of azimuthal measurements by rotating the array of transmitting and receiving electrodes around some reference point. In a complex geological structure the presence of horizontal heterogeneities produces the pseudo-anisotropy effect that can essentially exceed the true anisotropy. In the case of studying anisotropy in heterogeneous media the application of conventional ARS technology is limited because it requires realizing time-consuming vertical electrical soundings (VES) along several profiles. The widely used Electrical Imaging (EI) methodology is adequate for the characterization of layered media with horizontal heterogeneity but it does not provide any information about formation anisotropy. At the same time, when the EI or standard VES are carried out on the surface of an azimuthally-anisotropic medium, the neglect of the anisotropy influence may cause significant interpretation errors.

The alternative method of anisotropy parameters determination consists in measuring the second derivatives of the electric potential from a point current source. This technology is based on the tensor measurements of the electric field using specially distributed groups of transmitting and receiving electrodes (tensor arrays). The tensor measurements (TENM) allow determining all anisotropy parameters from the observations realized only in one arbitrary direction without array rotation.

In the present report we considered the feasibility of TENM technology application with different modified tensor arrays in heterogeneous anisotropic media. The stability of anisotropy estimation and pseudo-anisotropy effects were

studied on 1D models of horizontally or vertically layered media with arbitrary oriented azimuthal anisotropy; for these models the analytical solution was used.

For the analysis of joint influence of anisotropy, horizontal heterogeneity, and vertical layering we simulated EI observations with tensor array above the complex 3D structure. The numerical solution and program for heterogeneous media with arbitrary anisotropy based on integral equation method was designed. The model presents a single dipping interface between an isotropic overburden and an anisotropic basement. The calculation was performed for profiles with different orientation to the investigated structure with anisotropy strike oriented parallel, perpendicular, and at 45° to the azimuth of the interface dip.

The results of modeling demonstrate that the proposed TENM technology used for studying inhomogeneous anisotropic media allows determining both the anisotropy and the structure parameters. Ar-rays for tensor measurements can be used for profile soundings with a high observation density along a profile, similar to the Electrical Imaging. The joint analysis of the apparent anisotropy parameters obtained with different modifications of the tensor arrays increases the reliability of interpretation.

MMG-11

CARACTERIZACIÓN DE UN MACIZO ROCOSO CON PERFILADO ELECTROMAGNÉTICO

J. Rafael Aranda López
Depto. de Geofísica, CFE
E-mail: raranda@cfegob.mx

En el campo de la ingeniería geológica, es necesario conocer las características físicas de las rocas para un soporte o apoyo de una obra civil. En el presente se analizará la excavación de túneles de conducción de agua o túneles carreteros, donde se pretende conocer principalmente el estado del macizo rocoso que será excavado. Esta información será muy valiosa para el ingeniero proyectista, así como para el ingeniero administrador de recursos para contar con un presupuesto económico más apegado a la realidad.

El perfilado electromagnético se realizó mediante sondeos magnetotelúricos de frecuencia variable, usando fuente natural y una antena generadora de frecuencias para investigación somera.

Durante la excavación, la información del perfilado electromagnético se usará para prever el cruce de las zonas de mala calidad, donde sea necesario aplicar los marcos, concreto lanzado, anclaje, revestimiento, etc.

Se presentan varios ejemplos de perfilado electromagnético aplicados a la excavación de túneles de conducción de agua o carreteros en la república Mexicana, en ellos es factible apreciar los cambios laterales de resistividad, que corresponden a la presencia de fallas o zonas con roca de mala calidad.

MMG-12

METODOLOGÍA ELECTROMAGNÉTICA PARA LA LOCALIZACIÓN E INSPECCIÓN DE LAS CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS DUCTOS

Vladimir Shevnin, Omar Delgado-Rodríguez, Aleksandr Mousatov, Edgar Nakamura-Labastida y Abraham Mejía-Aguilar
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: vshevnin@imp.mx

Las líneas de ductos constituyen el torrente sanguíneo de la sociedad moderna industrial. Los ductos en el subsuelo son afectados por diferentes factores: movimientos tectónicos, corrosión, vibraciones, deformaciones, etc. Para prolongar el tiempo de servicio de los ductos, éstos son protegidos de la corrosión mediante la aplicación de un material aislante y de potenciales de protección catódica. Los sistemas de ductos son usados de manera continua durante décadas, por lo que, es necesario realizar un control periódico de sus condiciones técnicas de ductos y, en caso necesario, de su reparación en tiempo. Es posible realizar este control con métodos electromagnéticos superficiales. Diferentes métodos y equipos para la inspección electromagnética de ductos son conocidos a nivel mundial. En el Instituto Mexicano del Petróleo fue desarrollada la teoría y tecnología para la inspección de ductos (incluyendo procesamiento de datos y programas de interpretación), así como el equipo necesario para la realización de las mediciones en campo. La tecnología de inspección está basada en la teoría de "línea de transmisión". El equipo mide el campo magnético alterno a la frecuencia 625 Hz inducido por las corrientes que circulan en el ducto, provenientes de un generador externo conectado en un punto de control de los potenciales de protección catódica. La metodología incluye mediciones de campo magnético (componente horizontal) en perfiles perpendiculares a línea de ductos y mediciones de potenciales eléctricos en postes de control de protección catódica. En este trabajo se presentan ejemplos de aplicación de esta tecnología para la estimación de la posición y profundidad del ducto o grupo de ductos, estimar condiciones técnicas y calidad del aislamiento exterior y para la solución otros problemas importantes.

MMG-13

MODELADO E INVERSIÓN 2- Y 3-D DE ANOMALÍAS GRAVIMÉTRICAS

Juan García Abdeslem
Depto. de Geofísica Aplicada, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
E-mail: jgarcia@cicese.mx

Se presenta una descripción de métodos diseñados para el modelado (2- y 3-D) e inversión de anomalías gravimétricas, con énfasis en la interpretación de la geometría del basamento en cuencas sedimentarias. La solución al problema directo permite calcular el efecto gravimétrico producido por una estructura geológica cuyo su contraste en densidad definido a

priori, puede variar espacialmente en 2- y 3-D. La geometría de la interfase sedimentos-basamento se describe utilizando una serie de funciones circulares. En la solución al problema inverso se utiliza un método iterativo de optimización no lineal que permite inferir la geometría del basamento.

Se muestran resultados de la interpretación de datos gravimétricos en la región del graben San Jacinto, en el Sur de California, en donde se ha inferido una estructura bastante simétrica que acomoda sedimentos que alcanzan un grosor de unos 2.5 km. En la región de la cuenca Sayula, en el Estado de Jalisco, México, se ha inferido una estructura asimétrica que sugiere un medio graben, y que acomoda sedimentos que alcanzan un grosor de 1 km. Para ambos casos se realiza un análisis de sensibilidad utilizando la descomposición en valores singulares (SVD) de la matriz de sensibilidad que permite valorar las ventajas y limitaciones del método de inversión.

MMG-14

UN PROGRAMA DE CÓMPUTO PARA INTERPRETAR ANOMALÍAS MAGNÉTICAS DE TUBERÍAS METÁLICAS

Adolfo Vázquez Contreras
Depto. de Geofísica, Comisión Federal de Electricidad
E-mail: adolfo.vazquez@cfe.gob.mx

Una de las aplicaciones del método magnético en la exploración geofísica es la localización de tuberías metálicas subterráneas a partir de las mediciones del campo magnético total a lo largo de perfiles. Mediante la aplicación de formulas sencillas es posible determinar aproximadamente la profundidad de la tubería, conociendo sus características geométricas y asumiendo un rango factible en la susceptibilidad del material del tubo, o mejor aún, calibrándose con una tubería a profundidad conocida si esto es posible. Mediante un programa de cómputo desarrollado con MATLAB se presentan algunos ejemplos en los que se determinó la profundidad en varios puntos de la tubería de un gasoducto a partir de sus anomalías magnéticas de campo total.

MMG-15

INVERSIÓN DE MAGNETOMETRIA Y GRAVIMETRIA CON DENSIDAD VARIABLE, PARA MULTIPLES FORMACIONES VARIANDO EN 3-D

Marco Antonio Pérez Flores¹ y Luis A. Gallardo Delgado^{1,2}
¹ Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE
E-mail: mperez@cicese.mx
² Universidad de Lancaster, UK

Hemos desarrollado una metodología para invertir datos de gravimetría y magnetometría para múltiples formaciones en el subsuelo.

Se usa un conglomerado de prismas verticales para simular la topografía superior e inferior de cada formación. La profundidad al techo y piso de cada prisma es lo que se estimará por medio de programación cuadrática. Esto nos

permite ponerle cotas de igualdad o desigualdad a cada variable, ya sea sacándola de la inversión o introduciendo información adicional como; la geología superficial, hipótesis previas, registros de pozos, datos de alguna otras técnicas de geológica o geofísica como podrían ser sísmica en 2-D, o electromagnéticos profundos, etc. La otra ventaja es que los datos permanecen a la altitud en que fueron tomados, no habiendo necesidad de hacer reducción a un plano de medición.

Se muestra un ejemplo sintético de una cuenca y como caso real, el de la estructura profunda de la Península de Baja California en la parte sur, a partir de datos de aeromagnetometría y gravedad terrestre, constriñendo la solución con la geología superficial.

MMG-16

EVALUACION GEOSTADISTICA DEL MUESTREO DE HIDROCARBUROS TOTALES DEL PETROLEO (HTP) EN LA ZONA PANTANOSA DE VERACRUZ

Flores Ruiz J.H.¹, Montes de Oca García A.¹, Martínez Martínez V.E.¹, Zermeno Eguía L.S.¹, Sandoval Ochoa J.H.², Avelina Zapata G.F.¹ y Uribe Hernández R.¹

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: hflores@imp.mx

² Facultad de Ingeniería, UNAM

Como parte de los estudios geoquímicos ambientales llevados a cabo en la zona pantanosa del sur de Veracruz, se tomaron 35 muestras de campo distribuidas aleatoriamente de Hidrocarburos Totales del Petróleo (HTP %). En un suelo arcilloso donde el mineral predominante es la Montmorilonita están formadas por una lámina aluminica entre dos silícicas, superponiéndose indefinidamente y presentan expansividad típica del grupo en forma particularmente aguda. La clasificación del suelo desde el punto de vista de mecánica de suelos es del tipo (CH); es una arcilla de gran compresibilidad.

En el suelo se realizó un muestreo aleatorio de 35 muestras de (HTP %) superficialmente, el rango de variación de los datos son de 14.80 a 72.19 (HTP %). El cálculo de los variogramas en distintas direcciones asociados a estos datos muestran una máxima distancia de correlación intermuestral para 400 m, le corresponde una varianza de 148.40 o 5 (HTP %)² en logaritmo Neperiano y una desviación estándar de 9.29 ó 2.22 (HTP %), en tanto que para 100 m de distancia, la varianza es del orden de 54.59 ó 4 (HTP %)² y la desviación es de 7.41 ó 2 (HTP %) para las cuatro direcciones ortogonales (E-W, N-S, NE-SW y NW-SE) modelando el sitio con variogramas de distribución logarítmica.

Se sugiere de los datos de campo analizados por esta técnica diseñar la futura malla muestral en el sitio, para las siguientes exploraciones en el campo a intervalos de 100 m y tener controlada al mínimo varianza error, utilizando posteriormente el método de Kriging para validar esta varianza.

MMG-17

MODELO DE FLUJO DE FLUIDOS EN CAVIDAD CUADRADA

Cruz Hernández J., Domínguez Zacarías G., Luna Rojero E., Flores Ruiz J.H. y Martínez Angeles R.

Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: jrcruz@imp.mx

La mecánica del medio continuo incluye áreas tales como: flujo de calor, hidrodinámica y mecánica de cuerpos deformables. Esta teoría se basa en considerar una densidad local, velocidad y energía que son funciones continuas del espacio y tiempo. La ecuación de Navier-Stokes constituye un sistema de ecuaciones parciales no-lineales de segundo orden. Desacoplamos dicha ecuación, para estudiar la ecuación de Stokes, dado que estamos interesados, para flujos con número de Reynolds ($\ll 1$) y observar de que manera que las líneas de corriente se ven influenciada por la geometría del sistema

A continuación se muestran resultados obtenidos por el método de elemento de frontera (por su siglas en inglés BEM), para un flujo de Stokes en cavidades cuadradas.

La frontera del flujo es bidimensional, se presenta un estudio de las líneas de corriente para fluido con viscosidad de: 1.00, 1.03 y 1.08 y razón $\eta = H/L$ (1:1, 1:2 y 1:5), donde la H representa la profundidad y L el ancho de la base de la cavidad respectivamente.

Las líneas de corriente se ven afectadas por la abertura de la cavidad, en el caso de $\eta = 1:1$ y viscosidad 1.0, observamos que las líneas de corriente eran paralelas a la pared y se elongan sobre la parte de la abertura de la cavidad, tomando la forma de abertura y al aumentar la viscosidad, la elongación de las líneas de corriente disminuye gradualmente y estas se enciman sobre de boca de la cavidad. En el caso de las células de circulación que se forman dentro de la cavidad, para el caso de $\eta = 1:1$ y viscosidad 1.0, existe un flujo circundante (en células) extendido a lo largo de toda la cavidad y este se va comprimiendo en su parte central, alzándose sobre el eje -y- hacia arriba de la gráfica, a medida que se va aumentando la viscosidad.

Observamos, que a medida que las células circundantes se comprimen más en su parte central, esto se extiende un poco mas sobre el eje -y- (hacia arriba), originando una elevación de la elongación de las líneas de corriente por encima de la abertura de la cavidad.

Al mantener constante la profundidad y variar la longitud de la base ($\eta = 1:2, 1:2$ y $1:5$), la elongación de las líneas de corriente son mas pronunciada y tiende a introducirse en la abertura de la cavidad y el punto de inflexión esta mas agudo que el caso de $\eta = 1:1$. Las líneas que están por afuera de la abertura se desdoblan ligeramente hacia abajo, este efecto es debido a que la abertura de la cavidad es mayor y esto hace que el fluido se introduzca mas hacia la cavidad de

viscosidad de 1.00 y $\eta/\mu = 1:2$. Las células de circulación, que se forman se extienden sobre toda la cavidad, pero estos tiende a alzarse ligeramente en los extremos de la cavidad, como presencia de la entrada de las líneas de corriente y este alzamiento sugiere que el punto de inflexión de las líneas de corriente esta mas profundo y eso hace que las células sientan una "pseudo fuerza". También se observa en este caso, las células de circulación se van achatado en su parte central debido a la mayor penetración de las líneas de corriente dentro de la cavidad.

Esperamos tener las gráficas correspondientes a las líneas de corriente para el caso de una geometría a triangular, circular (cavidades) para modelar a futuro un medio poroso fracturado, con vórgulos (cavidades), aplicándolo a los yacimientos naturalmente fracturado que son el 80 % que existen en la República Mexicana.

MMG-18

NONLINEAR BASEBAND ACOUSTIC ULTRA-LOW FREQUENCY WAVES IN THE SYSTEM OCEAN-EARTH'S CRUST

S. Koshevaya^{1,2}, V. Grimalsky¹, A. Kotsarenko³ and R. Perez-Enriquez³

¹ Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Puebla, Pue., Mexico

E-mail: vgrim@inaoep.mx

² Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Mor., México

³ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro., México

During the earthquakes, the ultra-low frequency (ULF ~ 1 Hz) acoustic waves can be excited that move along the interface ocean-Earth's crust for a long distance > 5000 km [1]. Such an ULF acoustic wave possesses a low dissipation. The linear waves propagating in above-pointed system possess wave dispersion, and also nonlinear properties of water and the Earth's crust are essential. Therefore, an investigation of forming nonlinear wave pulses propagating at the interface 'ocean-crust' is of great interest, because the excitation due to earthquakes has a pulse-like character.

A possibility of an excitation of ULF moderately nonlinear baseband solitary acoustic waves moving at the interface 'ocean-Earth's crust' is investigated. Nonlinearity both in the water and solid is taken into account. Nonlinearity is assumed as moderate. This gives a possibility to use the spectral method for a consideration of baseband wave dynamics. Namely, the localized nonlinear wave can be presented as the set of harmonics with slowly varying amplitudes, but their transverse profiles are almost the same as for the linear case. Also a horizontal transverse inhomogeneity is taken into account under simulations by means of splitting by physical factors.

The propagation of baseband nonlinear wave is described by a set of coupled ordinary differential equations for harmonics, and the total number of harmonics is $\sim 100-500$. In the simplest case, baseband nonlinear wave propagation in

such the system is described by Benjamin-Ono (B-O)-like equation, because of the character of linear wave dispersion. But, the following peculiarities are essential, namely, a presence of a cut-off for lower harmonics and a difference of coupling coefficients from the simple B-O equation, because of semi-infinite structure. In the case of the model B-O equation, all the coefficients are equal. In our case, they increase with the growth of frequency. The numerical simulations show that baseband nonlinear waves in this system with above-pointed nonlinearity are shock-like and they differ from the B-O solitons. An influence of horizontal transverse inhomogeneity is unessential, if the initial transverse size of the wave is greater than 1000 km.

Referencias:

P.F. Weaver, P.C. Yuen, G.W. Prolls, and A.S. Fumimoto, 1970, Acoustic coupling into the ionosphere from seismic waves of the earthquake at Kurile Island on August 11, 1969, *Nature*, 226, 1239-1241.

MMG-19

NUMERICAL MODEL OF SEISMIC WAVE PROPAGATION IN VISCOELASTIC MEDIA, AND ITS APPLICATION TO THE PROBLEM OF DETERMINATION OF THE OIL AND GAS RESERVOIRS

V. Sabinin, T. Chichinina and G. Ronquillo Jarillo

Instituto Mexicano del Petroleo

E-mail: svladim@imp.mx

Oil and gas reservoirs have a high seismic attenuation, that is caused by their viscoelastic properties. The propagation of seismic waves in viscoelastic media is governed by the system of three equations: for the velocity vector (equation of motion), for the stress tensor (Hooke's law for the viscoelastic media), and for the memory variables, - under the condition of independence of the Q -factor on the impulse frequency.

This system of equations for a case of 2D area is approximated by the explicit finite-difference scheme of the second order of approximation in time and the 4-th order in space. For decreasing undesirable wave reflections from outer boundaries of the area, we artificially surround the area by a special Perfectly Matched absorbing Layer. In the nodes of the absorbing layer the memory variables are excluded from the system, and the absorbing sink term is included in the rest equations by the form of implicit finite-difference scheme.

The computer software, realizing this model, has created and applied to solving the problem of the wave reflections from a target layer. At the earth surface there are a wave source and a set of equally spaced seismometers (the common source point observing system). For a case of large Q , the output of calculations in the form of seismograms from geophones was compared to the seismograms obtained from the solution of the same task by the dynamic ray tracing method, not taking into account of viscoelastic properties of media. By fitting parameters of the PM absorbing Layer and parameters of the

numerical model (the mesh size and the time step), one can obtain the output seismograms qualitatively corresponded to the same obtained from the ray method, and free from the undesirable outer-boundary reflections.

The developed model is supposed to be applied to determination of presence of oil or gas in the reservoirs, by comparing amplitudes of the field and synthetic seismograms. It is known, that values of the factor Q in layers with oil or gas are less than in surrounding layers and are equal to approximately 10–50. The less Q , the lower amplitude of the wave reflected from the bottom of the target layer.

The results of calculations with low values of Q in the target layer are presented, which let us conclude that the method of comparison of the seismogram amplitudes can be found effective, if using the fine enough finite-difference meshes.

MMG-20

INVESTIGATIONS ON SEISMIC GYROTROPY, OR A NEW WAY OF DETERMINATION OF SHEAR-WAVE ATTENUATION CONSTANT

Chichinina T.¹ and Obolentseva I.²

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: tchichin@imp.mx

² Institute of Geophysics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

A new approach to estimating of shear-wave attenuation is proposed. The method is based on an assumption that an anisotropic attenuating geological medium possesses gyrotropic properties. Doing so allows to obtain attenuation constant together with gyrotropic constant. Some examples of experimental determination of gyration and attenuation constants are given (Obolentseva, *et al.*, 2000). A presentation of the new way of determining shear-wave attenuation constant is proceeded by a brief elucidation of the main aspects of the phenomenological theory of gyrotropy.

Seismic gyrotropy (Obolentseva, 1996) was introduced by analogy with acoustical gyrotropy (Andronov, 1960; Portigal and Burstein, 1968) and well known optical gyrotropy. The most interesting and important phenomenon inherent to gyrotropy, that is, rotation of shear-wave polarization plane is illustrated in the presentation.

Anisotropic gyrotropic models of geological media describe shear-wave polarizations in a most general way. The purely gyrotropic shear-wave polarization should be discriminated from the effect of large- and medium- scale heterogeneity and from azimuthal anisotropy produced by preferred orientation of vertical and subvertical microcracks. The work (Chichinina and Obolentseva, 1998) illustrates the main features of the gyrotropic propagation in comparison with the azimuthally anisotropic wave propagation.

The present work is devoted to the new way of estimation of the shear-wave attenuation constant. The method provides determination of the attenuation constant together with the gyration constant using two-component records of shear waves at a given point. The way differs from the commonly used when the attenuation is determined from the wave amplitude decreasing while it is passing a given distance.

References:

- Obolentseva I.R., Nefedkin Yu. A. and Krylov D.V., 2000, Gyrotropic properties of shallowest sand-clay sediments, as determined from acoustic measurements in boreholes, *Russian Geology and Geophysics*, v. 41, N 10, pp. 1404-1421.
- Obolentseva I.R., 1996, On seismic gyrotropy, *Geophys. J. Int.*, 124, pp. 415-426.
- Andronov A.A., 1960, On natural rotation of polarization plane of sound, *Izv. Vuzov, Radiophys.*, III, 4, pp. 645-649 (in Russian).
- Portigal D.L., Burstein E., 1968, Acoustical activity and other first-order spatial dispersion effects in crystals, *Phys. Rev.*, v. 170, No3, p. 673-678.
- Chichinina T.I., Obolentseva I.R., 1998, Gyrotropy and anisotropy of rocks: similarities and differences, *Revue de l'Institut Francais du Petrole*, v. 53, N 5, pp. 201-213.

MMG-21

SIMULACION DE FLUJO EN MEDIOS POROSOS UTILIZANDO IMÁGENES DE TOMOGRAMAS DE RAYOS X DE NÚCLEOS DE YACIMIENTO

Flores Ruiz J.H.¹, Martínez Angeles R.¹, Hernández Escobedo L.¹, Pineda Muñoz A.¹ y Urrutia Fucugauchi J.²

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: hflores@imp.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

Se digitalizaron 4 imágenes de los tomogramas de rayos X de núcleos de carbonatos de calcio de la zona marina del sureste del Golfo de México, en su mayoría del Complejo Estructural afallado del yacimiento de Cantarell y en la región de Pol. El muestreo digital se realizó en forma de cuadrados de 50 x 50 datos por lado resultando 2500 datos por imagen y la densidad de datos es 18 puntos por centímetro (dpc).

Al comparar los valores promedio de velocidad de transporte en el medio poroso de los dos experimentos de laboratorio en logaritmo Neperiano $<-8.15>$ el valor negativo resultante implica una velocidad de 2.887×10^{-4} cm/seg ó 24.94 cm/día. Para el caso de las 4 imágenes de tomogramas de rayos X de núcleos de roca caliza simuladas su valor promedio es $<-9.26>$ la velocidad asociada es de 9.51×10^{-5} cm/seg ó 8.22 cm/día y la relación logarítmica de las velocidades es del orden 73.52 %. Esto indica que los experimentos de laboratorio tiene una permeabilidad mayor del orden de $<1.36>$, que equivale a un valor de 3.03 veces mayor la velocidad del experimento con relación a los modelados por medio de trayectorias de partícula a través del medio poroso.

Estos datos simulados de permeabilidad presentan características fractales y se implementó el análisis de variogramas para estimar el parámetro de Hurst promedio obteniéndose un valor de $H=0.84$, exponente fractal $\alpha=2.69$ del modelo $1/r^\alpha$ y la dimensión fractal $D=1.15$ del medio poroso.

MMG-22

CÁLCULO DE PROPIEDADES EFECTIVAS DE ROCAS POROSAS SATURADO CON FLUIDO

Oscar Cerapio Valdiviezo Mijangos¹ y Federico Sabina Císcar²

¹ DGETI, CETIS

E-mail: ovaldiviezomx@yahoo.com.mx

² IIMAS, UNAM

Se presentan algunos experimentos numéricos usando el Método de Homogeneización Asintótica (MHA) para calcular propiedades efectivas de rocas porosas. Los poros pueden estar llenos de aceite, agua, aire, algún mineral o bien estar vacíos. Se utilizan dos tipos de rocas: roca caliza, que es una roca sedimentaria y el granito que es una roca ígnea. Se considera los tipos de microestructura una cuando la celda base es cuadrada y cuando es hexagonal.

Después de haber obtenido las propiedades elásticas efectivas de las rocas con fibras llenas de fluido como función de la concentración se calcula la rapidez de la onda P y de la onda S. La onda P se propaga a lo largo del eje X_1 y el desplazamiento de la onda S está sobre el eje X_3 .

El hecho de haber fibras dentro de la matriz hace que aparezca un tipo de anisotropía conocida como transversalmente isótropa. Esta anisotropía es posible observarla en las gráficas correspondientes a las propiedades efectivas. A concentración cero de fibra se recuperan las propiedades de la matriz y conforme aumenta la concentración aparecen las seis constantes elásticas que caracterizan un medio transversalmente isótropo.

En las rocas cuyos poros están llenos de fluidos cada una de las propiedades decrece con la concentración de la fibra excepto para la constante C_{12} para el caso del granito con fibra llena de agua. En el caso de aceite en caliza se observa que la curva que corresponde a esta constante se incrementa ligeramente, después decrece y su concavidad es opuesta a las demás. En los casos de aire en granito se observa ligeramente este mismo comportamiento. La magnitud de la constante C_{33} disminuye y lo hace casi en forma lineal a diferencia de las demás constantes en todos los casos. Las propiedades efectivas decaen desde un 80% hasta un 100% respecto de las propiedades de la matriz. La velocidad de la onda P y de la onda S decaen con respecto a las velocidades de la matriz. Los cambios más drásticos se dan cuando se excede en un 80% de la concentración de la fibra.

Cuando la fibra está llena de cuarzo (SiO_2) y la matriz es piedra caliza, no todas las propiedades efectivas decrecen, algunas se incrementan y esto es debido a los contrastes de las propiedades en las distintas direcciones. En el caso de cuarzo en granito, las velocidades de ambas ondas la P y la S, se incrementan. En el caso de cuarzo en roca caliza la rapidez de la onda P se incrementa mientras que la de la onda S decrece. En los dos tipos de rocas la rapidez de las ondas cambia casi en forma lineal con respecto a la concentración. También se comparan estos resultados con las cotas de Hashin-Strikman. Se puede observar que ambos métodos predicen prácticamente lo mismo.

Las constantes efectivas de las rocas cuando las fibras están llenas de algún fluido tienen básicamente las mismas características cualitativas, es decir, no importa el tipo de fluido, la respuesta es cualitativamente equivalente excepto en la constante efectiva C_{12} .

Cuando la fibra está vacía cada una de las propiedades decrece, incluso la C_{12} .

Una diferencia importante entre las dos geometrías estudiadas es que los valores mínimos se alcanzan a concentraciones más pequeñas cuando la celda base es cuadrada que cuando la celda base es hexagonal.

Con MHA es posible calcular propiedades efectivas en forma analítica hasta el punto de contacto entre las fibras. Cuando se va más allá de ese punto ya no es posible decir nada sobre las propiedades efectivas y como consecuencia con este método no se puede decir nada sobre percolación.

MMG-23 CARTEL

LA EVOLUCIÓN DE UN REMOLINO EN PRESENCIA DE UNA CORDILLERA EN UN FLUIDO EN ROTACIÓN

L. Zavala Sansón

CICESE, Ensenada B.C.

E-mail: lzavala@cicese.mx

En este estudio se analiza la evolución de un remolino barotrópico en presencia de una cordillera, por medio de experimentos de laboratorio y de simulaciones numéricas. Los experimentos son realizados en un tanque con agua sobre una mesa en rotación constante, en cuyo fondo se encuentra un obstáculo que simula la presencia de la cordillera. Esta configuración es un modelo experimental sencillo de remolinos geofísicos en el océano y en la atmósfera, los cuales son afectados por la rotación de la Tierra y, bajo ciertas circunstancias, por la forma de la topografía del fondo. La condición inicial es un remolino circular y homogéneo.

Los resultados son divididos en dos principales escenarios: (a) Interacciones débiles, las cuales ocurren cuando el remolino se encuentra lejos de la cordillera y, por lo tanto, es influenciado débilmente por la misma. En estos casos, el remolino deriva lentamente hacia la cordillera y con una

componente paralela a la misma. La forma circular del remolino no sufre cambios importantes. (b) Interacciones fuertes, en las cuales el núcleo del remolino alcanza la cima del obstáculo y cruza hacia el otro lado. Una vez que el remolino experimenta la pendiente opuesta de la topografía, se mueve en sentido contrario, tratando de regresar al lado original. Cuando el remolino es lo suficientemente intenso, este proceso se puede repetir varias veces hasta que es disipado por efectos viscosos. En general, los resultados muestran que la cordillera actúa como un atractor durante interacciones débiles, y como una barrera durante interacciones fuertes. Este comportamiento también se observa en experimentos en un plano beta topográfico. Los resultados principales son simulados numéricamente mediante modelos bidimensionales con topografía.

MMG-24 CARTEL

ESTRATEGIAS PARA LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GEOFÍSICOS: UNA APLICACIÓN EN AGUAS SUBTERRÁNEAS

Rosa Margarita Alvarez González y José Guerrero Grajeda
UNAM
E-mail: rmalvarezmx@yahoo.com.mx

La identificación de parámetros en modelos geofísicos es una fuente natural de problemas inversos mal planteados, en el sentido de que la estimación de dichos parámetros puede resultar altamente inestable debido a pequeñas perturbaciones (errores) en los datos.

- Objetivo: presentar alternativas que permitan obtener soluciones estables y aplicar los desarrollos realizados al estudio de un caso real.
- Metodología: Se plantea la estimación de parámetros como un problema de optimización no lineal, se aplica regularización de Tikhonov para tratar el mal planteamiento y se presentan dos alternativas para el cálculo del parámetro de regularización. La correspondiente implementación computacional de esta propuesta se aplica en un estudio para el cálculo del parámetro de transmisividad hidráulica en el acuífero cubano de Ariguanabo.

Se muestran los resultados obtenidos, incluidos los costos computacionales, lo que permite sustentar la viabilidad del proyecto y las propuestas presentadas, que además pueden verse como una plataforma de arranque para nuevos desarrollos.

MMG-25 CARTEL

SEPARACIÓN DE COMPONENTES DE LA SEÑAL DE POTENCIAL ESPONTÁNEO Y SU SIGNIFICADO

John A. Randall Roberts
Universidad de Guanajuato
E-mail: randall@redes.int.com.mx

El uso de Potencial Espontáneo (P.E.) normalmente ha sido medido en mV de corriente continuo (D.C. o C.C.) con un multímetro o voltímetro sin la posibilidad de saber si corrientes o tensiones espurias están afectando a la medición. En general, uno trataba de usar P.E. solamente en situaciones en donde habría muy poca posibilidad de afectación de corrientes artificiales o de origen espurio sobre dichas mediciones naturales de electricidad en la Tierra. Hoy día es necesario de probar muchos métodos geofísicos en la detección de rasgos geológicos como fallas y acuíferos en escenarios sub urbanas o en donde hay la posibilidad de interferencias eléctricas no naturales. En breve, es necesario saber si el método de P.E. es aplicable y en donde las interferencias son mayores y no es recomendable usar este método. El uso de un multímetro con memoria y su programa de "software" especializado permite la separación de los diferentes parámetros artificiales del deseado P.E. en CC. Se puede separar la corriente alterna que se registra junto con la CC, además midiendo su amperaje y longitud de onda. Este último es interesante en comparar con las ondas a corto plazo en el propio P.E. (en CC). También hay un amperaje mínimo en la medición P.E., en micro-amperes. Desde tiempo se ha reconocido la necesidad de medir la resistencia de contacto de los electrodos no polarizables en K ohms o en mega ohms, aunque uso está usando un instrumento con una impedancia de entrada de miles de mega ohms. El programa permite la graficación en fracciones de segundo a cambio de corto plazo en P.E. (CC) y en su longitud de onda, junto con los demás parámetros permitiendo una evaluación efectiva de la aplicación del método en un sitio determinado.

MMG-26 CARTEL

A NUMERICAL MODEL FOR THE THERMODYNAMICS AT GALERAS VOLCANO, COLOMBIA

Gustavo Cordoba¹ and Greg Valentine²
¹ Universidad de Nariño, Colombia
E-mail: gcordoba@udenar.edu.co
² Los Alamos National Laboratory, USA

A new model for the thermodynamics of pyroclastic flows is shown. The model can be regarded as an intermediate model between the "early model" (1D, steady state, one phase) and the so called super-computer models (2D, transient, multi-phasic). In despite of the amount of equations used, it can be implemented in a PC. We use the equations of conservation of mass, momentum and energy, last equation is coupled through a Boussinesq approach. The mass equation is solved for pressure from the state equation. Additionally the diffusion-convection equation is used in order to take into account for the sedimentation.

The model is capable to show the evolution of the temperature in time as well as the dynamical pressure.

A co-ignimbrite is formed after 300 seconds of the eruption as can be seen in the temperature field and the stream lines.

Both fiels analized could predict the devastating and deadly behaviour of this hazard.

MMG-27 CARTEL

MODELADO E INVERSION DE ANOMALIAS GRAVIMETRICAS EN COORDENADAS CURVILINEAS (POLARES, CILINDRICAS Y ESFERICAS)

Beatriz Martín-Atienza
Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE
E-mail: atienza@cicese.mx

En este trabajo se presentan las expresiones matemáticas necesarias para realizar el modelado directo de anomalías gravimétricas producidas por fuentes anómalas representadas en coordenadas polares, cilíndricas y esféricas, cuyas fronteras vienen descritas por series de Fourier. La metodología seguida comprende el uso de métodos de integración analíticos y del método de integración numérico de Gauss-Legendre.

También se aborda el problema de la inversión no lineal de datos gravimétricos para calcular tanto el contraste de densidad como la estructura de los tipos de fuente en coordenadas curvilíneas presentados, utilizando el método iterativo de Marquardt-Levenberg.

El uso de este tipo de coordenadas permite modelar estructuras geométricas en las que no se observan fronteras laterales verticales, y es un método idóneo para modelar cuerpos geológicos aislados.

MMG-28 CARTEL

ESTUDIO GEÓLOGO-GEOFÍSICO EN EL FRENTE DE LA CURVATURA DE MONTERREY, N.L.

Garza-Rocha D.¹, Méndez-Delgado S.¹, Yutis S.¹, Cossio-Torres T.¹, Chávez-Cabello G.¹, Chapa-Guerrero J.R.¹, Masuch-Oesterreich D.¹ y Arzate-Flores J.A.²

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

E-mail: dgarza@ccr.dsi.uanl.mx

² Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

El presente trabajo forma parte del proyecto "Evaluación de acuíferos en el área metropolitana de Monterrey, Nuevo León" Acuífero Buenos Aires, Cañón de la Huasteca. El área de interés se ubica en el sector Norte del Cinturón Plegado y Cabalgado de la Sierra Madre Oriental, dentro de la porción central de la Curvatura de Monterrey. La Sierra Madre Oriental está compuesta principalmente de rocas terrígenas y carbonatadas de edad Mesozoica, las cuales fueron plegadas y falladas durante el evento orogénico Laramídico.

Con base en el análisis de la cartografía realizada en varios pliegues de dicha región, se tiene que existe un fuerte control litológico y estructural en el comportamiento del acuífero, destacando las siguientes características para una mejor permeabilidad hidráulica: a) cambios en la forma del pliegue; b) variaciones en la intensidad de la deformación; y c) cambios en la inmersión del eje de los pliegues. Por esa razón se eligieron el Cañón Montoso y el Cañón La Escalera como una zona potencial y para estudiarla se llevó a cabo un levantamiento de datos geofísicos, con la meta de obtener información de la parte somera, con la finalidad de corroborar posteriormente los modelos estructurales a profundidad, inferidos a partir de la geología superficial. Se aplicaron dos métodos geofísicos (eléctrico y gravimétrico) y además se utilizaron registros geofísicos de pozos.

El método eléctrico se trabajó en la modalidad de dipolo-dipolo, técnica que permite determinar variaciones laterales de la resistividad del terreno. Los datos de resistividad aparente obtenidos con el método de dipolo-dipolo fueron modelados mediante inversión de datos. En los modelos obtenidos se aprecia una relación directa de valores altos de resistividad con la presencia de gravas. Hacia el interior, los valores más bajos de resistividad pueden relacionarse a gravas húmedas y los valores altos a la presencia de rocas muy consolidadas como las de las formaciones Aurora, Agua Nueva y San Felipe.

Se utilizó el método gravimétrico en tres perfiles, uno a lo largo del Cañón de La Huasteca, el segundo en el Cañón El Montoso y el tercero en la cañada San Judas. Para la evaluación de estos datos se realizaron correcciones de efecto de mareas, latitud y de aire libre.

MMG-29 CARTEL

P-WAVE AVOZ ANALYSIS IN HTI MEDIA

Gerardo Ronquillo Jarillo and Tatiana Chichinina
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: gronqui@imp.mx

The HTI media which correspond to the models of a carbonate reservoir with single vertically orientated fracture set are considered. The azimuthally varying AVO gradient for P-wave reflection at a boundary between an isotropic and HTI media is studied. The values of anisotropic parameters $\epsilon^{(1)}$, $\delta^{(1)}$ and $\gamma^{(1)}$ were set by using the stiffness matrix c in terms of the fracture weaknesses introduced by (Bakulin *et al.*, 2000) for the HTI model with various microstructure parameters of cracks, different crack infill, and also for the case of hydraulically interconnected fractures and pores (Thomsen's model, 1995).

AVO gradient for P-wave reflections and its azimuthal variations are investigated for the three models: with fluid-filled cracks, with dry cracks and with interconnected fractures and pores) - in typical situations of changes in the elastic parameters in the upper and lower media. The conclusions were made that the AVO gradient is in the direct ratio to the crack density, and the maximal values of AVO gradient are in the

symmetry axis plane, and the minimal ones are in the isotropy plane. The azimuthal AVO response depends in a high degree on the V_s/V_p - ratio of the host rock.

The isotropic part of the AVO gradient for dry crack model is influenced not only by changes in elastic properties and densities on the boundary but also by the crack density. The anisotropic part of the AVO gradient for rocks with $V_s/V_p \geq 0.55$ is greater in the case of wet cracks in comparison with the case of dry cracks, and with the positive sign. Sign analysis of the AVO gradients may be of practical importance. For example, AVO gradient for dry crack models has the same algebraic sign, as that of the normal-incident reflection coefficient. It allows application of the traditional P-AVO analysis for fluids determination to the HTI medium.

References:

- Bakulin A., Grechka V., Tsvankin I., 2000, Estimation of fracture parameters from reflection seismic data-Part I: HTI model due to a single fracture set: *Geophysics*, 65, 1788-1802.
- Thomsen L., 1995, Elastic anisotropy due to aligned cracks in porous rock, *Geophys. Prosp.*, 43, 805-830.

Sesión

Mineralogía y Cristalografía

Miércoles 6

SALA D

MINC-01

APLICACIÓN DEL METODO CRISTALINIDAD DE LA ILLITA EN FORMACIONES CALCAREO-PELITICAS MESOZOICAS DEL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

Kinardo Flores, Sergio Valenzuela, Ramón Vaquer, Luis Enrique Ortiz, Carlos Esquivel y Otilio Acevedo
Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UAEH
E-mail: floresk@uaeh.reduaeh.mx

Se estudió mediante el método de cristalinidad de la illita diversas formaciones calcáreo-pelíticas del Mesozoico (Formaciones Las Trancas, del Jurásico superior, Tamaulipas superior del Cretácico medio y Soyatal-Méndez del Cretácico superior), en el transecto Las Trancas-La Encarnación, que afloran en la porción noroccidental del Estado de Hidalgo, con el fin de estimar rangos de temperatura y delimitar la extensión de la aureola de metamorfismo en un perfil trazado perpendicularmente al tronco granítico que afecta a las rocas calcáreo-pelíticas.

La aplicación del método permitió definir zonas de diagénesis, diagénesis profunda, anquimetamorfismo y epimetamorfismo.

En la parte distal del tronco granítico, correspondiente a la Formación Las Trancas, se observa la influencia de la cobertura volcánica terciaria, y el efecto de la deformación compresiva laramídica, situando esta porción en el anquimetamorfismo. La porción media del perfil correspondiente a la Formación Tamaulipas superior define mayoritariamente el campo de la diagénesis profunda con clara tendencia al epimetamorfismo. Finalmente, la porción proximal, muestra zonas irregulares diagenéticas y anquimetamórficas, debido posiblemente a que el flujo calorífico y los fluidos asociados, fueron condicionados por el control litológico y estructural.

MINC-02

LA ESTRUCTURA INTERNA DEL SILICIO, UN APROVECHAMIENTO EN LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA

F. Miguel-Pérez
Facultad de Ingeniería, UNAM
E-mail: mipe_fer@correo.unam.mx

La Geología estudia los diferentes ambientes geológicos donde se presenta el cuarzo. Y las Geociencias en general se dedican a la búsqueda de recursos naturales y eso incluye minerales como el cuarzo. Este trabajo se enfoca a indicar algunas de las características del Silicio que son útiles en la industria de los semiconductores. Los conocimientos cristalográficos de un geólogo hacen ágil la comprensión de algunos fenómenos típicos en Electrónica en los que están involucrados materiales geológicos comunes. Así como en Mineralogía el elemento básico de estudio es el cristal, en Electrónica el diodo tiene un lugar importante en el comportamiento y manipulación de la corriente eléctrica que circula por los circuitos electrónicos.

Debido a los cuatro electrones en la capa de valencia de los átomos de Silicio y de Germanio, se comportan como semiconductores. Un semiconductor es un material que se actúa de manera intermedia entre conductores y aislantes. El más usado industrialmente es el Silicio.

La construcción de un diodo está basado en la naturaleza tetravalente del átomo de Silicio, material con que se construyen estos dispositivos. Para que un semiconductor sea útil en un diodo, deben ser agregados átomos de elementos trivalentes o pentavalentes en cantidades adecuadas para que existan electrones susceptibles de ponerse en movimiento con un estímulo eléctrico. Los elementos trivalentes comúnmente ocupados son Boro, Galio e Indio. Un semiconductor que es contaminado con estos elementos se denomina material "p". Los elementos pentavalentes usados en la construcción de diodos son Antimonio, Arsénico y Fósforo. Contaminar un semiconductor con estos materiales produce materiales llamados "n". Ambos tipos de materiales se conocen también como semiconductores extrínsecos.

La unión de materiales "n" y "p", constituye un diodo. Que sometido a una corriente eléctrica permite el movimiento de cargas a través de estos materiales en un solo sentido. Esta propiedad se conoce como rectificación y es indispensable en circuitos digitales.

Se concluye que el arreglo cristalográfico del Silicio que le permite ser tan estable en diferentes condiciones geológicas, también favorece la conducción de cargas eléctricas, que son posibles por su mezcla con otros materiales. Pero que no alteran significativamente su estructura atómica ni su naturaleza neutra. Esto ha permitido la elaboración de una gran cantidad de circuitos integrados que favorecieron una Revolución en la Electrónica Digital. Así, un arreglo cristalográfico es aprovechado en aras del desarrollo tecnológico.

MINC-03

ZEOLITAS DE MÉXICO: DIVERSIDAD MINERALÓGICA Y APLICACIONES

Mikhail Ostroumov¹, Luis Enrique Ortiz Hernandez² y Pedro Corona Chávez¹

¹ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México

E-mail: ostroum@zeus.umich.mx

² Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma, del Estado de Hidalgo

La creación reciente del catalogo de minerales mexicanos con base en la clasificación cristaloquímica moderna presenta actualmente el primer intento científico y sistemático del inventario mineralógico del país (Ostroumov *et al.*, 2000). Este catalogo muestra tanto la diversidad mineralógica de México como el enorme potencial de riqueza mineral mexicana que es la fuente principal de metales, materiales y energía. El análisis

de estos datos permite indicar la presencia de varios importantes minerales económicos, en particular de la familia de zeolitas.

Se conoce bien que durante los últimos años algunas especies minerales de esta familia se utilizan ampliamente en los países desarrollados como materias primas no metálicas en diferentes áreas: reducción de la contaminación ambiental, mejoramiento de la productividad agrícola, desarrollo de las tecnologías industriales eficaces.

El consumo de minerales zeolíticos en México es muy limitado (principalmente se usa en cría de algunos animales domésticos), por el hecho de que no se ha efectuado un inventario de zeolitas a nivel nacional ni una acción propagandística (Ortiz Hernández, 2001).

Por eso, el objetivo de este trabajo es el de presentar todos los datos sobre la diversidad mineralógica de zeolitas mexicanas y sus aplicaciones reales y posibles. En resumen, hasta la fecha en el territorio nacional en 18 estados mexicanos fueron descritas 17 especies minerales zeolíticas de los cuales 4 especies (Clinoptilolita, Mordenita, Erionita, Chabasita) tienen actualmente gran importancia práctica.

Se describieron las características principales de zeolitas mexicanas: ambientes geológicos de ocurrencia, criterios de reconocimiento, depósitos importantes. Se indicaron también los recientes hallazgos de zeolitas al suroeste de México (Ostroumov et al., 2001). Finalmente, se propone ampliar en México el uso práctico de minerales zeolíticos de rendimiento económico como: 1. intercambiadores de iones (en control de la contaminación, agricultura, reciclaje de desechos de nutrición), 2. adsorbentes (desecadores y purificadores de gases, separación de N₂ y O₂ del aire, obtención del oxígeno de alta pureza), 3. catalizadores (petroquímica, reducción catalítica de óxidos de nitrógeno, etc.).

Referencias bibliográficas:

- Ortiz Hernández Luis Enrique. 2001. Criterios y especificaciones concernientes a la exploración y valoración de minerales zeolíticos en la República Mexicana. Boletín Técnico, COREMI, No.42, 2-12.
- Ostroumov Mikhail, Corona Chávez Pedro, Victoria Morales Alfredo, Cruz Ocampo Juan Carlos. 2000. Catálogo cristaloquímico de minerales mexicanos. <http://smm.iim.umich.mx/catalogo>
- Ostroumov Mikhail, Corona Chávez Pedro, Díaz de León Jorge. 2001. Nuevos hallazgos de zeolitas al suroeste de México. XXIV Convención Internacional de AIMMG, Memorias, 102-103.

MINC-04

EL LAPISLÁZULI DEL YACIMIENTO FLOR DE LOS ANDES, CHILE: MINERALOGIA Y ORIGEN

Rodolfo Corona Esquivel¹⁻², Marina Elena Benavides Muñoz³ y Margarita Reyes Salas¹

¹ Instituto de Geología, UNAM

E-mail: rcorona@servidor.unam.mx

² División de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN

³ Colecciones de Rocas y Minerales, Delegación Azcapotzalco, D.F.

El yacimiento de lapislázuli Flor de los Andes se ubica en la Alta Cordillera de Ovalle, Provincia de Limarí a 3 600 m de altura y a unos 200 m del límite Chileno-Argentino, en la zona externa de una aureola de metamorfismo de contacto.

En esta aureola se reconocen tres zonas mineralógicas: I. Zona de mármoles con wolastonita; II. Zona de skarn con andradita-grosularita; III. Zona de roca corneana con hedembergita. Las condiciones físicas para este metamorfismo se estiman en un rango de temperatura de 500-550°C, y una presión total de 1.5 kb (Cuitiño, 1986).

El yacimiento de lapislázuli se encuentra en la zona I de esta aureola de metamorfismo; se trata de una roca constituida por lazurita, con cantidades menores de haüyna, wolastonita, diopsido, escapolita, calcita y trazas de afghanita, tremolita, allanita, piritita, pirrotita, arsenopiritita y calcopiritita. La lazurita es el mineral que le da el color azul característico al lapislázuli.

El nombre de la piedra deriva del Latín lapis lazulus, en alusión a su color azul y de acuerdo con la descripción de Plinio el Viejo, los romanos la llamaban también zafiro, el cual por supuesto, se refiere a la variedad azul del corindón. El lapislázuli fue conocido desde siglos antes de nuestra era por los Egipcios y se sabe que la Reina Cleopatra lo uso como adorno personal (Cipriani y Borelli, 1986).

La mina de lapislázuli chilena fue inscrita en 1894 en la agencia de minería de La Serena con el nombre de Flor de los Andes, extrayéndose en un principio únicamente roca de color azul intenso, sin embargo, los especímenes que se explotan actualmente son de color azul menos fuerte y contienen piritita en forma de puntos chispeantes color oro, definiéndose su calidad por el tono y la uniformidad de la piedra (Celis, 1990).

Los análisis del lapislázuli chileno realizados en el Laboratorio Universitario de Petrología (LUP), de la Universidad Nacional Autónoma de México, con una microsonda electrónica Jeol 8900 indican los valores siguientes en por ciento: para el mineral lazurita; Na₂O 6.053, Al₂O₃ 25.444, SiO₂ 34.680, SO₃ 23.620, K₂O 0.053, CaO 9.294 y Fe 0.855. Los contenidos para la wolastonita son: SiO₂ 37.722 y CaO 62.278.

Los depósitos de lapislázuli tienen génesis diferentes. La mayoría de ellos están asociados con calizas precámbricas evaporíticas, sujetas a metamorfismo regional. El depósito

chileno, en cambio, está relacionado con calizas mesozoicas intruidas por un plutón monzogranítico terciario y se habría formado en dos etapas: a) metamorfismo de contacto (24 Ma), durante el cual se formaron calcosilicatos y haüyna, en las áreas de las calizas con concentraciones altas de sodio y aluminio; y b) alteración hidrotermal (13-9 Ma), durante la cual se introdujo el azufre en las moléculas de haüyna, dando su origen a la lazurita y por lo tanto, al lapislázuli (Cuitiño, 1986).

El lapislázuli, además de Chile ha sido encontrado en varias partes del mundo, siendo el de mejor calidad el proveniente de Afganistán. Otros porcentajes menores vienen de la ex Unión Soviética (Siberia), Burma, Pakistán, Angola, Estados Unidos de América y Canada (Cipriani y Borelli, 1986). En México solo se tiene reportada la presencia de lazurita en el municipio de Mulegé, Baja California Sur (Panczner, 1987).

Referencias bibliográficas:

- Celis, Leopoldo, 1990. El Lapislázuli elaborado y piedras afines. Santiago de Chile.
- Cipriani Curzio and Borelli Alessandro, 1986. Guide to gems and precious stones. Simons & Schuster Inc.
- Cuitiño G., Lucía. 1986. Mineralogía y génesis del yacimiento de lapislázuli Flor de los Andes, Coquimbo, Norte de Chile: Revista Geológica de Chile No 27, p. 57-67.
- Panczner William D. 1987. Minerals of Mexico. Van Nostrand Reinhold Company.

MINC-05

CORUNDO DE LA MINA EL MILAGRO, PIEDRA IMÁN, GRO.

Victoria Morales Alfredo¹, Baez López Javier Antonio²,
Hernández Martínez Igor¹, Hernández Pineda Guillermo
Armando¹

¹ Depto. de Yacimientos Minerales, Facultad de Ingeniería UNAM
E-mail: victoria@servidor.unam.mx

² Comisión Federal de Electricidad

En algunos trabajos que se han realizado sobre las rocas metamórficas del Complejo Xolapa, en la zona comprendida entre Tierra Colorada y Acapulco, en el estado de Guerrero, se ha reportado la presencia de corundo como constituyente de algunos esquistos y existen referencias también de la presencia de zafiro en la misma región, sin precisar las localidades donde se encuentra este tipo de rocas.

En estudios que los autores han realizado recientemente a menos de 10 km de distintas localidades del sur de la misma región, donde aflora una potente secuencia de migmatitas, se encontraron crecimientos simplectíticos de corundo y espinela, como pseudomorfos de estauroлита, producto de un metamorfismo progrado, sin embargo no había sido posible observar el corundo en cristales megascópicos hasta que se dio con la localidad de Piedra Imán.

La mina El Milagro localizada en el poblado de Piedra Imán, se labró siguiendo un pequeño cuerpo lenticular de una restita de grano grueso, constituida por cristales de corundo y cordierita incluidos en un mosaico de biotita sin ningún tipo de orientación. La restita está encajonada en una secuencia de gneises cuarzo feldespáticos.

El corundo presenta un color no siempre uniforme que varía del azul pálido casi blanco a un azul más intenso, los cristales hasta ahora obtenidos son desde el punto de vista gemológico densos (lechoso u opaco virtual), constituyen cristales eudrales generalmente prismáticos en ocasiones con bipirámide cónica del primer orden, generalmente se observan con una ligera deformación, y tienen una longitud que varía de 0.5 a 3.0 cm. Por lo general los cristales presentan una superficie sana, sin embargo algunos tienen su superficie con una alteración incipiente a muscovita. Al microscopio se observa que la mayoría se encuentran con un borde de espinela (hercinita) de unas cuantas micras, y en algunos casos presentan maclado polisintético.

La importancia de este sitio es el registro de una localidad de corundo en cristales megascópicos, que se puede utilizar como esmeril natural y que de acuerdo con los mineros que la explotan, es posible obtener piezas calidad gema. Desde el punto de vista del estudio del proceso metamórfico que afectó a la región, con la paragénesis observada se definen condiciones de alta intensidad de metamorfismo.

MINC-06

ESTUDIO DE LAS CAUSAS DE LA INESTABILIDAD EN EL OPALO

Bertha Aguilar Reyes¹, Emmanuel Fritsch¹ y Mikhail Ostroumov²

¹ Université de Nantes, Nantes, Francia

² Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia,
Michoacán, México

E-mail: ostroum@zeus.umich.mx

El ópalo es un mineral de sílice hidratada, cuyo origen puede ser volcánico o sedimentario. En el caso del ópalo mexicano el origen es volcánico con algunos casos aislados de formación de tipo sedimentario.

Hasta la fecha las diversas variedades de ópalo mexicano se han estudiado de manera muy limitada (Aguilar *et al.*, 2002). Recientemente con la ayuda de la espectrometría Raman se obtuvieron algunos nuevos datos sobre los ópalos mexicanos (Ostroumov *et al.*, 1999). En particular, estos resultados muestran que el espectro Raman de los ópalos indica el estado estructural de diferentes fases de sílice y puede corresponder al origen geológico de los mismos. Actualmente existe especial interés en estudiar las causas de la inestabilidad de estas formaciones mineralógicas (Fritsch *et al.*, 1999). Ésta se presenta en dos formas: aparición de fisuras (deformación mecánica) y formación de una zona inestable de color blanca; en este último caso se tiene la pérdida de su transparencia. El segundo caso de inestabilidad se ha observado sobre todo en

el ópalo de fuego, que es la variedad más importante del ópalo mexicano, pero este hecho se presenta también en ópalos de diversos yacimientos en el mundo: Etiopía, Honduras, Kazajstan.

Se han analizado ópalos destabilizados de los yacimientos mencionados, así como de diferentes regiones de México: Jalisco, Querétaro y Nayarit. Las técnicas analíticas utilizadas son: análisis termogravimétrico, medición de la superficie específica, espectrometría Raman e infrarroja y difracción de rayos X.

Por termogravimetría se encontró que la variación en el contenido de agua, entre las dos zonas del ópalo inestable, es de 1 a 5 % (el porcentaje de agua, promedio, es de 10% en el caso del ópalo de fuego). Por espectrometría Raman se observó que la banda fundamental de vibraciones de valencia H-O-H, muestra un desplazamiento desde aproximadamente 3180 cm⁻¹ (zona de color naranja) hasta 2900 cm⁻¹ (zona de color blanca). Este desplazamiento se explica por una transformación gradual de los grupos moleculares de agua en los grupos de Si-OH. La espectrometría infrarroja y la difracción X se han utilizado para mostrar el cambio en el grado de cristalinidad de las dos zonas estudiadas del ópalo inestable.

Referencias bibliográficas:

- Aguilar Reyes B., Fritsch E., Rondeau B., Ostroumov M. La structure de l'opale du Mexique: vue d'ensemble et nouveaux résultats. 19-ème Réunion National des Sciences de la Terre (France), Recueil de résumés, 46.
- Fritsch E., Rondeau B., Ostroumov M., Bernard L., Marie A., Serge lefrant. Découvertes récentes sur l'opale. Revue de Gemmologie, A.F.G., No.138/139, 34-40.
- Ostroumov M., Fritsch E., Lefrant S., Lasnier B. Spectres Raman des opales: aspect diagnostique et aide a la classification. European Journal of Mineralogy, v.11, No.5, 899-908.

MINC-07

USO ALTERNATIVO DE AMAZONITA Y TURQUESA EN OBJETOS ARQUEOLÓGICOS MESOAMERICANOS

Ricardo Sánchez-Hernández¹, Jasinto Robles-Camacho¹ y Margarita Reyes-Salas²

¹ Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico, Instituto Nacional de Antropología e Historia
E-mail: jadeita@hotmail.com

² Instituto de Geología, UNAM

La turquesa [Cu₂ + Al₆(PO₄)₄(OH)₈·4H₂O-sistema triclinico] mineralógicamente es un miembro extremo de la serie calcosiderita-turquesa-turquesa férrica. Arqueológicamente es uno de los materiales líticos (lapidarios) de tonos azul-verde utilizados por diferentes sociedades mesoamericanas para la elaboración de una gran cantidad de objetos, tales como pendientes, teselas de mosaicos y cuentas. Sin embargo, en los objetos arqueológicos mesoamericanos elaborados con

turquesa, en ocasiones se hallan intercaladas piezas de amazonita que a simple vista son semejantes, pero que química y mineralógicamente son diferentes. La amazonita [Pb (KAlSi₃O₈)-sistema triclinico], pertenece al grupo de los feldespatos, es una variedad azul-verde de microclina que debe su coloración a la presencia de impurezas de plomo en puntos estratégicos de su red cristalina.

El conocimiento del uso alternativo de estos dos minerales en piezas arqueológicas plantea dos interrogantes:

¿Todo lo que arqueológicamente ha sido clasificado como turquesa lo es en realidad?

¿Cuál es la fuente de materia prima de la amazonita y qué implicaciones arqueológicas conlleva?

La primera pregunta ha comenzado a esclarecerse al revisar detalladamente conjuntos de plaquetas y cuentas consideradas tradicionalmente como "turquesa" por los investigadores de las culturas mesoamericanas. Hasta el momento, se ha encontrado evidencia del uso alternativo de turquesa y amazonita en sitios arqueológicos localizados en las Regiones Culturales Mesoamericanas Norte, Centro-Occidente y Sur. Uno de los casos más significativos es el de una máscara procedente de Malinaltepec, Guerrero; se trata de una máscara de serpentinita que está cubierta parcialmente por un mosaico de teselas de color azul, de las cuales más del 90 % son de amazonita y las restantes son de turquesa. El mosaico tiene además algunas teselas de concha de color rojo que completan el diseño.

El segundo cuestionamiento se ha resuelto en parte mediante la búsqueda de referencias geológicas-mineralógicas y con trabajo de campo. En este contexto, hasta el momento en territorio mexicano se ha localizado un yacimiento de amazonita, que se encuentra aproximadamente a 60 km al SE de la población de Valle de Allende, Chihuahua. En este lugar la amazonita se encuentra en pegmatitas cretácico-terciarias(?) asociadas a las rocas graníticas de la Sierra de Peñoles. A partir de muestras representativas de la amazonita de esa localidad, se hizo una selección de material para análisis por microscopía electrónica y espectrometría por emisión de plasma (ICP). Como complemento, y para efectos de comparación con piezas arqueológicas, se obtuvieron cuatro pendientes tabulares de amazonita del sitio arqueológico El Huistle, Jalisco, los cuales serán analizados mediante la misma metodología. Los resultados obtenidos por microscopía electrónica no permiten identificar más allá de los componentes principales de los feldespatos, por lo que se espera en corto tiempo contar con la información del análisis de elementos traza, que permitan hacer algún tipo de discriminación. Respecto a otros yacimientos de amazonita en México, se cuenta con una referencia muy general (Schmiter, 1980) que sugiere la presencia de este mineral en el estado de Oaxaca.

Una vez que se cuente con mas información sobre los sitios arqueológicos con presencia de piezas de amazonita y sobre la localización y características de otros yacimientos de

este mineral, se conocerá el tipo de objetos que se elaboraron, la amplitud de su utilización y distribución, el tiempo en el cual ocurrió, y se podrán plantear sus posibles rutas de comercio o de intercambio en Mesoamérica.

Schmitter-Villada, Eduardo y Martín del Campo de Schmitter, Rebeca, 1980. Glosario de Especies Minerales. Instituto de Geología, UNAM.

MINC-08

ESTUDIO MINERALÓGICO DE LA MÁSCARA DE PACAL, PALENQUE

Jasinto Robles-Camacho¹, Ricardo Sánchez-Hernández¹ y Margarita Reyes-Salas²

¹ Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico, Instituto Nacional de Antropología e Historia
E-mail: itzmairobles@hotmail.com

² Instituto de Geología, UNAM

El sitio arqueológico de Palenque, en Chiapas, es uno de los más importantes dentro del contexto cultural Maya. Ahí vivió uno de los más sabios gobernantes, el señor Pacal el Grande o Escudo (603 D.C. a 683 D.C.) y en su honor fue construida una tumba especial, la cual permaneció oculta hasta el año de 1952, cuando un grupo de arqueólogos encabezado por Alberto Ruz Lhuillier la encontró. Entre los objetos que formaban parte del ajuar mortuario de ese personaje, sobresale una máscara compuesta por un mosaico con más de 300 "teselas" o plaquetas líticas de diferentes tonos de verde y blanco, con dimensiones que van desde unos cuantos milímetros hasta más de seis centímetros. Recientemente, con motivo de uno de los múltiples trabajos de restauración a que ha sido sometida a lo largo de su historia desde que fue recuperada, fue objeto de trabajos de restauración y de una reconstrucción basada en las características antropomórficas que se conocen de Pacal. Debido a estas labores fue totalmente desmontada, lo que se aprovechó para hacer análisis que ampliaran el conocimiento sobre la pieza, ya que a pesar de su importancia arqueológica y calidad estética, se desconocía la composición mineralógica precisa de las piezas del mosaico, de las cuales siempre se consideró que eran de "jadeíta". Para la identificación de las especies minerales presentes se aplicaron las técnicas de difracción de rayos-X (DRX) y microscopía electrónica (ME) con análisis EDS.

Luego de una inspección megascópica de todas las piezas, se seleccionaron muestras representativas de los diferentes tonos de verde presentes y se separaron fracciones mínimas para ser analizadas por DRX. Los resultados indican que las especies presentes son cosmoclor [NaCrSi₂O₆], albita [NaAlSi₃O₈] y jadeíta [NaAl(SiO₃)₂], lo cual fue corroborado con mediciones microquímicas por EDS sobre algunas teselas que presentan superficies planas adecuadas para este análisis. Los diferentes tonos de verde son una respuesta física de la relación cosmoclor-albita, albita-jadeíta. A escala molecular es evidente que el Cr provee la coloración verde del cosmoclor, mientras que en la jadeíta el Cr reemplaza al Al produciendo

el color verde esmeralda (jade imperial). Una característica observada en fracturas y bordes cristalinos es la presencia de cinabrio [HgS], un mineral que por su color rojo era empleado comúnmente en rituales mortuarios prehispánicos. Aparte de las especies de piroxenos y feldespatos mencionados, se encontró que algunas teselas tienen cuarzo en fracturas, así como grafito.

Sobre la procedencia de la materia prima empleada para la elaboración de este mosaico, se puede decir que las especies identificadas corresponden a una misma fuente petrogenética, y por lo tanto pueden provenir de una misma localidad o región. De acuerdo con estudios realizados en objetos arqueológicos mesoamericanos de la misma composición mineralógica, una fuente importante de los mismos se localiza en el Valle de Motagua, Guatemala, en las cercanías de la población de El Manzanal.

MINC-09

PROCEDENCIA Y SIGNIFICADO TECTÓNICO DE ROCAS METASEDIMENTARIAS DEL COMPLEJO ACATLÁN, ÁREAS DE OLINALÁ, GRO., TEHUITZINGO Y ACATLÁN, PUE.

Yardenia Martínez Lara, Consuelo Macías Romo y José Luis Sánchez Zavala

Instituto de Geología, UNAM

E-mail: jlsz@servidor.unam.mx

El Complejo Acatlán está compuesto por rocas metamórficas polideformadas cuyo protolito es predominantemente sedimentario. El grado de metamorfismo y deformación dificulta el reconocimiento de sus características primarias, sin embargo, el análisis de los minerales pesados de sus unidades meta-sedimentarias, muestra aspectos importantes sobre la naturaleza de sus fuentes de aporte y sirven para comprender mejor al Complejo Acatlán. En este contexto, se describen, unidades de metareniscas, ubicadas en los alrededores de Olinalá, y se comparan con otras unidades similares localizadas en Tehuiztingo y en la localidad tipo del Complejo Acatlán. Estos cuerpos de roca tienen una composición arcósica y están intensamente recrystalizados, lo cual impide determinar sus características texturales originales.

Las muestras analizadas contienen predominantemente zircones y apatitos en la misma proporción, que constituyen alrededor del 98% del total del concentrado de minerales pesados. En algunos casos los apatitos son ligeramente más abundantes con un 58% y se presentan como fragmentos angulosos a ligeramente pulidos de color amarillo con tamaños promedio de 200 µm, sin embargo, en otros niveles estructurales llegan a alcanzar las 250 µm, y a pesar de estar pulidos conservan sus formas originales. En ciertos niveles el 90% de los zircones son cristales euhedrales rosados con tamaños que van de las 100 a las 450 µm, cuyas caras y superficies corresponden a prismas y pirámides bien desarrollados con una predominancia a la elongación, mientras

que para otros niveles el 75% corresponden a fragmentos pulidos de color rosado. El 25% restante son cristales euhedrales y algunos cristales pequeños con pirámides bien desarrolladas, en menor proporción existen zircones metamórficos de color amarillento que llegan a presentarse ligeramente pulidos a redondeados.

La abundancia y escasa variedad de minerales pesados descritos en el área de Olinalá contrasta con los grupos minerales que contienen las rocas para las localidades de Tehuitzingo y de Acatlán, las cuales contienen una amplia diversidad en sus grupos minerales que incluyen zircones metamórficos y no metamórficos, apatitos, turmalinas, rutilos, piroxenos, anfíboles, entre otros, con diferentes grados de retrabajo. Para el caso de las unidades del área de Olinalá, las características de sus minerales pesados sugieren una fuente cercana y muy probablemente de origen ígneo, que no había sido considerada y que pueden aportar datos importantes sobre la historia pre-metamórfica del Complejo Acatlán. Por otro lado, los grupos minerales de las localidades restantes muestran la presencia de fuentes diversas que registran la historia de exhumación del Complejo.

MINC-10 CARTEL

EVIDENCIAS A FAVOR DE QUE LA GOETHITA ES LA PRINCIPAL PORTADORA DE NIQUEL EN LOS HORIZONTES LATERITICOS DE LAS CORTEZAS FERRONIQUELÍFERAS

Arturo Rojas Purón

Depto. de Geología, Facultad de Geología y Minería del ISMM,
Moa, Holguín, Cuba

E-mail: artrojaspuron@ismm.edu.cu

Las cortezas de intemperismo lateríticas del nordeste de Cuba constituyen fuentes de obtención de Ni. El vínculo de este metal con las fases minerales de hierro (goethita específicamente) en las menas oxidadas de las cortezas ferroniquelíferas ha sido revelado por diversas investigaciones que se apoyan en análisis químicos y mineralógicos. El presente trabajo conjuga, para perfiles de distinto grado de madurez, aspectos químicos, mineralógicos y físicos al nivel de perfil, de horizontes y de clase granulométrica. Los resultados mostraron una tendencia natural de concentración de las distintas fases minerales hacia determinada clase granulométrica. En el yacimiento Moa, tanto en perfiles maduros como inmaduros, la goethita se concentra en la clase granulométrica menor de 0,045 mm, la cual representa alrededor del 50 % en peso de los horizontes ocrosos para ambos tipos de perfil, y contiene como promedio 1,4 % de Ni.

Se muestra que una de las formas de existencia de los perfiles de alteración laterítica es según un nivel evolutivo determinado, definido como grado de madurez del perfil. Esta concepción permite entender la variabilidad en la composición química y mineralógica de los materiales constituyentes de las cortezas ferroniquelíferas.

Se establece a la hematita y la gibbsita como fases minerales no portadoras de níquel y que están presentes en el material laterítico, lo que en ocasiones pueden perturbar el proceso de sedimentación en la tecnología de lixiviación ácida a presión de las lateritas. Las espinelas cromíferas no constituyen fases minerales portadoras de níquel significativas y dada su gran estabilidad pueden constituir componentes no deseados en la industria del níquel cubana.

MINC-11 CARTEL

CARACTERISTICAS MINERALOGICAS DE LOS RESIDUALES NO LIXIVIADOS DEL PROCESO CARON, EN MOA, HOLGUÍN, CUBA

Arturo Rojas Purón y Alberto Turro Breff

Depto. de Geología, Facultad de Geología y Minería del ISMM,
Moa, Holguín, Cuba

E-mail: artrojaspuron@ismm.edu.cu

Se caracteriza química y mineralógicamente los residuales sólidos obtenidos después del proceso de lixiviación y recuperación de amoniaco en la tecnología Caron de la empresa Ernesto Guevara, Moa, Holguín, Cuba, empleando técnicas de difracción de rayos-x, espectroscopía de absorción atómica y fluorescencia de rayos-x.

Granulométricamente las colas obtenidas en el proceso Caron a partir de menas lateríticas de Ni se caracterizan por presentar 3 grupos granulométricos principales: una fracción predominante muy fina, menor de 325 mesh, representando alrededor del 66 % en peso de la muestra. Un grupo de clases granulométricas (f.1, f.3 y f.4), que abarcan principalmente granos de tamaño entre 0.147 0.074 y 0.044 mm, que se encuentran en el orden de un 11 % en peso de la muestra; y una clase granulométrica (-0.175 + 0.147 mm), mas bien gruesa, que representa cerca del 2,7 % en peso de la muestra.

No existen diferencias significativas en la composición química entre las colas del proceso de lixiviación y la de recuperación de amoniaco, detectándose determinadas fluctuaciones en los valores de la sílice, Fe, Co, Mn y Ni en los residuos de la etapa de lixiviación.

La maghemita es la fase mineral principal que compone estas colas, con un cuadro difractométrico bien definido, tanto en los residuos de la etapa de lixiviación como recuperación de amoniaco. En los residuos no lixiviados en las etapas de lixiviación y recuperación de amoniaco, es significativa la existencia de las fases de cromoespinelas: Mg cromita ((Mg,Fe)Cr₂O₃) y donathita ((Fe,Mg) (Cr,Fe)₂O₄) incluso trevorita (NiFe₂O₄) en estas colas, ellas tienden a estar presentes en los residuos de lixiviación principalmente, constituyendo una de las diferencias entre ambas colas, además de que en los residuos de la etapa de recuperación de amoniaco se presentan, con mayor frecuencia, como fases mineralógicas secundarias cuarzo y silicatos de Mg e Fe de la serie del olivino (forsterita-Fe).

MINC-12 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LA ROCA ENCAJONANTE DEL CUERPO DE SULFUROS MASIVOS VENUS, DEL DISTRITO MINERO AIRE LIBRE, TEZIUTLÁN, PUEBLA

Nubia Gabriela Rojas Maldonado¹, Patricia Girón García² y
Alfredo Victoria Morales¹

¹ Depto. de Yacimientos Minerales, Facultad de Ingeniería, UNAM
E-mail: nubiaa@hotmail.com

² Laboratorio de FRX, Instituto de Geología, UNAM

Este estudio forma parte del Proyecto "Mineralización tipo Sulfuros Masivos Vulcanosedimentarios y sus Controles de Deposición", que tiene la Facultad de Ingeniería con el Departamento de Recursos Naturales del Instituto de Geofísica de la UNAM, cuya finalidad es caracterizar mineralógicamente ventilas hidrotermales fósiles y recientes, para determinar sus condiciones de formación y potencial económico.

El yacimiento de sulfuros masivos de Aire Libre, se localiza a 14 kilómetros al noreste de Teziutlán, Puebla; y corresponde a una antigua zona minera que tiene varios cuerpos de sulfuros masivos con valores de cobre-zinc, encajonados en una secuencia vulcanosedimentaria metamorfoseada a facies de esquistos verde.

El cuerpo mineralizado estudiado se localiza en un pequeño socavón conocido localmente como Venus, corresponde a un manto aproximadamente de un metro de espesor, constituido por un mosaico de calcopirita con escasa bornita, con algo de galena, esfalerita y tetrahedrita de bismuto intersticiales.

El cuerpo Venus, se encuentra encajonado por dos tipos de roca, al alto por un esquistos sericítico y al bajo por un esquistos de clorita-sericita. Con el objeto de caracterizar a estas rocas se analizaron por petrografía, fluorescencia de rayos X para determinar sus elementos mayores y traza, y por difracción de rayos X (DRX) para la identificación de los tipos de clorita.

El esquistos sericítico, presenta una textura lepidoblástica, está constituido por un mosaico de mica, cuarzo y sericita, con cristales euhedrales de pirita diseminados. Desde el punto de vista químico corresponde a una roca pelítica con alto contenido de potasio.

El esquistos de clorita-sericita, presenta una textura lepidoblástica con crenulaciones y está formado por un mosaico de biotita, cuarzo, clorita y sericita. Desde el punto de vista químico se clasifica como una roca de composición ultramáfica. En el estudio por DRX se clasificó a la clorita como un clinocloro mineral característico de secuencias ultramáficas y se encontró además illita.

Es importante destacar que todos los yacimientos vulcanosedimentarios en México se han considerado como tipo Kuroko. Debido a la asociación mineralógica, al alto contenido de cobre y al tipo de roca encajonante, este yacimiento se clasifica como tipo Beshi.

MINC-13 CARTEL

ESTUDIO MINERALÓGICO Y TEXTURAL DE CONDROS DE LA METEORITA PÉTREA LA COSINA

Seminario de Meteorítica
Instituto de Geología, UNAM
E-mail: mcmr@servidor.unam.mx
Facultad de Ingeniería, UNAM
Instituto de Astronomía, UNAM
Instituto de Geofísica, UNAM
Facultad de Química, UNAM

La meteorita Cosina, cuya caída fue observada en el mes de enero de 1844 en la localidad conocida como Loma de la Cosina, a 35 km al oriente de Dolores Hidalgo, Guanajuato, se ha clasificado como condrita H5 y contiene gran cantidad y diversidad de condros.

Empleando técnicas de microscopio petrográfico, microscopio electrónico de barrido para adquisición de imágenes tridimensionales (JEOL jsm35c) y microsonda electrónica (JEOL 8900) para la obtención de microanálisis así como de imágenes composicionales con electrones retrodispersados, se ha iniciado un estudio de las características de sus condros. En este trabajo presentamos los resultados preliminares del estudio.

Los condros son objetos minerales de forma esférica a subesférica. Su tamaño puede ser desde 1 mm hasta 5 cm y caracterizan a las meteoritas pétreas condriticas. Tienen una gran variabilidad textural, mineralógica y química y se formaron a temperaturas de hasta 2000°C. En ocasiones pueden presentar formas esqueléticas y es común encontrar vidrio en su interior. Los condros contienen la misma composición química del Sol (exceptuando los elementos volátiles) y están entre los objetos más antiguos del sistema solar aunque su origen aún no está resuelto.

Los condros en Cosina tienen un rango desde 100 hasta casi 2500 micras. En la meteorita Cosina se ha observado una gran diversidad de condros, algunos de los cuales son anómalos, pues salen de las clasificaciones que existen para estos objetos.

Los condros observados son: a) de olivino del tipo de rejilla y granular; b) de piroxena del tipo excentroradial; c) porfídicos de olivino y piroxena, con cristales euhedrales de olivino de más de 100 micras rodeados de augita y vidrio feldespático intersticial. Estos son algunos de los tipos más comunes conocidos, pero entre los anómalos hay: a) condros de texturas simplectíticas formados por dos piroxenas; b) vítreos (90% vidrio) con restos escasos de olivino; c) simplectíticos de piroxena y vidrio; d) porfídicos con gran cantidad de poros; e) condros con textura gradacional entre excentroradial y criptocristalina formados por agregados radiales muy finos, compuestos a su vez por dos tipos de piroxenas, augita con contenido de Ca alrededor del 30% y otra

del tipo pigeonita con cerca de 1% de Ca; f) condros formados por un solo cristal de olivino pero sin rejilla, ni vidrio intersticial.

Participantes del Seminario de meteorítica: Cervantes K., Flores D., Lounejeva E., Linares C., Macías C., Ortega E., Pi T., Reyes M., Reyes O., Sánchez G., Solé J., Victoria A.

Sesión

Oceanología

Miércoles 6

SALA A

OCE-01

CIRCULACIÓN LAGRANGIANA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Omar Quetzalcóatl Gutiérrez G., Guido Marinone M. y
Alejandro Parés-Sierra
CICESE
E-mail: ogutierr@cicese.mx

Se estudió la circulación lagrangiana superficial en el Golfo de California a escala estacional por medio de la advección numérica de partículas. Se realizaron experimentos con períodos mensuales y anuales de aproximadamente 660 partículas homogéneamente distribuidas en el golfo.

Se encontró circulación anticiclónica en la región norte de octubre a mayo y en la región central y sur en mayo y durante octubre y noviembre; en los meses de julio y agosto todo el golfo presentó circulación ciclónica. Esta circulación concuerda cualitativamente con lo observado con boyas de deriva por Lavín *et al.* (1997) y Palacios *et al.* (2002) en la región norte y por Emilsson y Alatorre (1997) en la región sur.

Se observó que en la región norte las partículas permanecen atrapadas por períodos mayores a 30 días y que existe aporte de partículas del resto del golfo durante el período ciclónico de tal forma que el número de partículas se duplica. Durante el período anticiclónico las partículas escapan hacia el sur del golfo, sin embargo, la mayoría de éstas no lo abandonan y regresan a la región norte durante el período ciclónico. En el centro de la región norte existe un giro principal durante los períodos ciclónico y anticiclónico que atrapa partículas por más de 30 días en un radio menor a 50 km.

Se encontró que la región norte y central mantienen comunicación a lo largo del año solamente a través del canal entre Isla Ángel de la Guarda e Isla Tiburón, excepto cuando la circulación es anticiclónica en todo el golfo (i.e., en los meses de octubre-noviembre y mayo). Por el contrario el Canal de Ballenas y la zona de Isla Tiburón atrapan partículas durante todo el año. Se encontraron giros menores en esta región cuando ocurren las transiciones y un giro permanente al sur de Isla Tiburón que atrapa partículas por más de 10 días en radios menores a 50 km.

En la región central y sur se encontró una zona de atrapamiento sobre la costa de Baja California donde las partículas recorren menos de 100 km en 30 días y de la cual las partículas solamente escapan durante el período anticiclónico. Por el contrario, la costa oriental del golfo es una zona de escape en la que las partículas recorren las distancias máximas en los tiempos mínimos.

OCE-02

DISTRIBUCIÓN DE LARVAS DE PECES PELÁGICOS EN LA BAHÍA DE LA PAZ Y SU RELACIÓN CON DATOS OBTENIDOS MEDIANTE SENSORES REMOTOS

B. Shirasago, C. Avalos-García, Y. García-Alvarez, L. Sánchez-Velasco y M. Obeso-Nieblas
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN
E-mail: shirasag@servidor.unam.mx

La Bahía de La Paz es el cuerpo de agua protegido más extenso de la costa occidental del Golfo de California, el cual por sus dimensiones y su intercomunicación permanente, hace suponer una fuerte interacción entre ellos. El objetivo del presente trabajo consiste en analizar la distribución de las larvas de peces pelágicos dominantes en la Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente y su relación con indicadores ambientales (temperatura superficial del mar, concentración de clorofila-a y biomasa zooplanctónica) e imágenes de satélite de los sensores NOAA-AVHRR, Seastar-SeaWifs y SeaWiFS-QuikSCAT, en primavera y verano de 2001.

Los muestreos tomados en campo consistieron en datos registrados en cada estación oceanográfica de CTD (Sea Bird Electronic), muestras de agua con botellas Niskin 5-L y de zooplancton con red tipo bongo (505 micras). Las imágenes AVHRR fueron diarias del tipo HRPT, promedios semanales de 8 km. las del SeaWifs y Nivel 3 de 25 km del SeaWiFS.

Los resultados de campo y satelitales muestran una gran diferencia entre en primavera y verano en lo correspondiente a concentraciones de pigmentos clorofilianos, con valores altos en la primavera y valores bajos en el verano. En ambas épocas se detectan dos núcleos de agua fría localizados en la boca principal y en la zona del Canal San Lorenzo, coincidiendo con las mayores concentraciones de clorofila-a. Por el contrario, las mayores concentraciones de biomasa zooplanctónica y el total de larvas de peces en general se localizaron alrededor del complejo insular Espíritu Santo-La Partida. Las larvas de los pelágicos menores como *Opisthonema* spp., *Harengula thirissina* y *Etrumeus teres* se localizaron dentro de la bahía en primavera, asociándose a bajas temperaturas y altas concentraciones de biomasa zooplanctónica, en esta época de gran productividad. En verano las larvas de *Harengula thirissina* se relacionaron a mayores temperaturas y en los lugares de mayor concentraciones de biomasa zooplanctónica, en esta época de baja productividad, mientras que *Opisthonema* spp. se asoció a menores temperaturas y mayores concentraciones de clorofila a. Los patrones de distribución de las larvas de peces pelágicos analizadas en este estudio, se asocia con la alta variabilidad espacial de los indicadores del ambiente y con la propia biología de las especies, corroboradas mediante datos de satélite. Es de resaltar la relación importante que guardan los datos AVHRR y SeaWifs, con los datos de viento ayudando en forma importante a entender las distribuciones de temperatura y pigmentos clorofilianos.

OCE-03

ANÁLISIS SUPERFICIAL DE MESOESCALA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA MEDIANTE DATOS NOAA/AVHRR, SEASTAR/SEAWIFS Y QUIKSCAT/SEAWINDS

Bernardo Shirasago German, Yara García Álvarez, Maclovio Obeso Nieblas y Laura Sanchez Velasco
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, La Paz, B.C.S., México
E-mail: shirasag@servidor.unam.mx

El Golfo de California ocupa una posición muy importante dentro de los mares marginales del Océano Pacífico. Esto se debe primordialmente tanto a la alta productividad biológica que presenta, como a los fenómenos oceanográficos y meteorológicos que en él ocurren. Este mar de aproximadamente 1000 Km. de largo y hasta de 200 Km. de ancho, se localiza entre zonas caracterizadas por su gran aridez, la Península de Baja California y los estados de Sonora y Sinaloa, presentándose como una cuenca de evaporación abierta al Pacífico en su extremo sur. A pesar de su comunicación con el Océano Pacífico y su intercambio de aguas a través de la boca sur, el Golfo presenta diferencias considerables de temperatura principalmente en la época de verano.

Entre los fenómenos más destacables que ocurren en las zonas costeras del Golfo de California se encuentran las surgencias estacionales. Durante el invierno las surgencias tienden a presentarse en las costas continentales de Sonora y Sinaloa. Por el contrario, durante el verano tales fenómenos se hacen presente con menor intensidad en las costas peninsulares del Golfo. Otros procesos físicos de importancia son los remolinos y jets de diferentes magnitudes, así como las mareas y otros tipos de ondas entre las que destacan las ondas internas.

El presente estudio se llevó a cabo con datos diarios HRPT/NOAA/AVHRR, promedios semanales del Seastar/SeaWifs y datos diarios de nivel 3 del Becarios EDI-IPN, Becarios COFAA-IPN.

QuikSCAT/Seawinds, a finales del 2001 (Noviembre y Diciembre) y a principios del 2002 (Febrero). El objetivo fue el de identificar estructuras mesoescalares presentes en la zona de estudio y su impacto sobre la comunidad de productores primarios.

Los resultados demostraron la presencia de importantes estructuras mesoescalares en el Golfo de California destacando durante el mes de noviembre un remolino ciclónico al sur de las grandes Islas. Así mismo, aguas moderadamente frías en las costas de Sonora y Sinaloa, en un entorno de aguas muy cálidas producto de los efectos remanentes del verano. Durante Diciembre se detectaron una serie de grandes remolinos ciclónicos que abarcaron en su mayoría lo ancho del Golfo así como fuertes gradientes térmicos en las costas de Sonora y Sinaloa. En Febrero se registró una gran corriente de chorro

(Jet) entrando por la boca y llegando hasta la parte media del Golfo. Es de destacar que la presencia de tales fenómenos marinos impactó fuertemente las comunidades de productores primarios lo cual fue constatado por las imágenes del SeaWifs y es posible que alguno de ellos se haya originado por los fuertes vientos prevalecientes principalmente en el mes de Diciembre, como fue observado mediante los datos Seawinds.

OCE-04

VARIABILIDAD HIDROGRÁFICA EN LA BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO. DURANTE UN EPISODIO AFECTADO POR EL NIÑO 1997-1998

M. Obeso-Nieblas, J.H. Gaviño-Rodríguez, B. Shirasago-Germán, L. Sánchez-Velasco y E.L. Perez-Lezama
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, La Paz, B.C.S., México
E-mail: mniebla@ipn.mx

La Bahía de La Paz es una parte integrante del Golfo de California y es el cuerpo de agua más grande de la costa occidental del Golfo de California. Su batimetría está dominada por una mitad sur somera y una mitad norte profunda. El forzamiento dinámico ejercido por el Golfo de California sobre la bahía es a través de tres comunicaciones diferentes, la boca Norte principal y profunda, el Canal San José parcialmente somero y el Canal San Lorenzo poco profundo.

Con el objeto de determinar las condiciones oceanográficas antes y durante El Niño 97-98 en la Bahía de La Paz, se obtuvieron datos de CTD a bordo del yate de investigación CICIMAR XV, en cuatro campañas realizadas durante Julio del 1996, Marzo y Julio de 1997 y Marzo de 1998.

Los resultados revelados variaciones importantes en la estructura hidrográfica de la bahía, tanto en espacio como en tiempo. Los dos veranos analizados presentaron una ausencia completa de la capa de mezcla, con un gradiente de temperatura más intenso en la zona de la termoclina, durante el verano 1996. Adicionalmente, toda la columna de agua experimentó un aumento de temperatura de 1.5 a 2°C en el verano de 1997 (de 0 a 375m de profundidad) y la haloclina no estuvo presente.

Durante los dos fines invernales de 1997 y 1998 la capa de mezcla se detectó hasta los 50m de profundidad, pero con una diferencia de hasta 3°C, durante el invierno de 1998. Por otra parte, en la zona de la termoclina se detectaron diferencias de 2°C incluso hasta los 200 metros, profundidad en la cual las diferencias en temperatura disminuyeron, llegando a ser la misma a partir de los 320 metros. Como ocurrido en el verano 1997, no hay ningún registro que muestre la presencia de la haloclina en el muestreo invernal de 1998.

Finalmente, en períodos no afectados por el evento El Niño se detecta en la Bahía aguas del Golfo de California y aguas Subsuperficiales Subtropicales, pero durante este evento en 1997-98, se encontraron así mismo aguas Superficiales Ecuatoriales.

OCE-05

ONDAS ATRAPADAS A LA COSTA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

J.A. Martinez¹ y J.S. Allen²

¹ Facultad de Ciencias Marinas, UABC

E-mail: amartine@uabc.mx

² COAS, Oregon State University

Mediante simulaciones numericas utilizando un modelo tridimensional de ecuaciones primitivas (POM), se estudio el efecto de ondas atrapadas a la costa en el Golfo de California asi como el efecto de la topografia y linea de costa del golfo en las ondas incidentes. En general el modelo produce resultados que se correlacionan razonablemente bien con observaciones de nivel del mar y medianamente bien con velocidades obtenidas de corrientímetros. Las ondas incidentes se propagan a lo largo del continente y pueden generar remolinos de escalas de 30-50 km. Al llegar a la region de las islas, las ondas incidentes son desviadas hacia la costa de Baja California, de tal manera que solo un bajo porcentaje de la energia incide en el golfo norte. Las ondas atrapadas a la costa son fuertemente afectadas por efectos no-lineales advectivos, de tal manera que el efecto de la onda en el golfo es fuertemente dependiente de la amplitud. Procesos de separacion de corrientes asi como propagacion de energia cinetica a lo largo del fondo y concentrada en el fondo del golfo ocurren para ondas incidentes de elevacion y gran amplitud (> 15 cm). Otros procesos no lineales son analizados. La mayor parte de la disipacion por friccion ocurre en las inmediaciones de las islas. El estudio incluye ondas incidentes de diferentes escalas temporales asi como diferentes amplitudes (realistas).

OCE-06

VARIABILIDAD OCEANOGRÁFICA TROPICAL A ESCALA DECADAL: REGISTROS DEL BAJO GOLFO DE CALIFORNIA PARA LOS ÚLTIMOS DOS SIGLOS

Juan Carlos Herguera y Gladys Bernal Franco

División de Oceanología, CICESE, Ensenada, B.C., México

E-mail: herguera@cicese.mx

Nuevos resultados de campañas realizadas durante la última década, de síntesis de datos recientemente compilados, como de modelos oceanográficos del Golfo de California han aportado nuevas ideas e hipótesis para entender los patrones de circulación y sus controles a escalas interanuales a decadales resaltando la importancia del forzamiento originado en el Pacífico tropical y ecuatorial para explicar su variabilidad. Aquí presentaremos nuevos resultados de una reconstrucción de las

temperaturas de la superficie del mar TSM para los dos últimos siglos sobre datos instrumentales y una reconstrucción isotópica obtenida a partir de los caparazones calcíticos de foraminíferos plácticos preservados en los sedimentos laminados de alta resolución que se acumulan en el fondo de la Cuenca de la Bahía de La Paz, localizada en el margen oriental de la Península de Baja California. Del análisis del registro instrumental para las últimas dos décadas encontramos como las TSM de invierno muestran una variabilidad mayor que las de verano. Además observamos como en los registros reconstruidos para los últimos 200 años se produce un cambio en las temperaturas de invierno hacia valores mas cálidos a comienzos del pasado siglo, mientras que las temperaturas de verano no muestran ninguna tendencia. Ambas observaciones acentúan la sensibilidad de los meses mas fríos a la variabilidad interanual de las TSM lo que no observamos durante los mas cálidos. Los eventos de El Niño, períodos de calentamiento en el Pacífico ecuatorial oriental, se reconocen claramente como anomalías positivas en las TSM de invierno en el bajo Golfo de California que desaparecen generalmente durante la siguiente primavera. Este calentamiento aparece estar balanceado a lo largo del ciclo anual por una intensificación en los procesos de evaporación y convección atmosférica, en una mayor frecuencia de ciclones tropicales especialmente a finales de la época estival, y una mezcla mas vigorosa de la capa de mezcla durante los meses de invierno, procesos que actúan como factores de retroalimentación negativa disipando parte del calor almacenado en la capa de mezcla superficial. Años de enfriamiento anómalo en el ecuador, eventos de La Niña, muestran anomalías negativas en las TSM del Bajo Golfo además de estar asociadas con condiciones mas frías y secas que tienden a disminuir la importancia o revertir algunos de los efectos de retroalimentación activos durante los períodos cálidos y tienen como resultado el enfriamiento de las TSM. Encontramos también como la media de las TSM derivadas isotópicamente coincide con la del registro instrumental, observación que apoya la utilidad de *G. bulloides* para la reconstrucción de las TSM de invierno en esta región. Este paleotermómetro además de mostrar un calentamiento de 0.7°C al comienzo del siglo XX parece responder a la variabilidad oceanográfica ecuatorial y tropical a escala decadal para los últimos 200 años.

OCE-07

INTERNAL TIDES IN THE NORTHERN GULF OF CALIFORNIA

Anatoliy Filonov and M.F. Lavín

Depto. de Física, CUCEI, Universidad de Guadalajara

E-mail: afilonov@ccip.udg.mx

División de Oceanología, CICESE

The characteristics of the internal tide in the Northern Gulf of California are investigated using data from two moored arrays of temperature and current sensors, one for summer and one for winter, located between Angel de la Guarda Island and the mainland. From the summer six-sensor mooring it was

found that: (a) The current fluctuations are dominated by the semidiurnal frequency band, while the quarterdiurnal frequency dominated the temperature fluctuations. (b) The baroclinic semidiurnal horizontal current fluctuations are aligned with the gulf axis, and have amplitudes of 10-15 cm s⁻¹; the vertical displacements reached 4 m in this frequency band. (c) The vertical modal structure for the temperature and velocity oscillations were dominated by the first and third modes. (d) The energy of the semidiurnal internal tide is 45% of that of the barotropic tide. (e) Vertical wavenumber spectra showed slightly asymmetric peaks in the high wavenumber components, indicating that their down-flowing energy is larger than that flowing upward. From the winter two-sensor mooring it was found that: (a) The vertical oscillations were mainly semidiurnal, with mean square amplitudes of 7 m. (b) The first mode amply dominated the semidiurnal temperature oscillations, with almost 89% of the total energy in this frequency band.

OCE-08

RELACION DE LA CORRIENTE DE YUCATÁN EN LOS CANALES DE YUCATÁN Y COZUMEL

Athié Gabriela y Candela Julio
 Depto. de Oceanografía Física, CICESE
 E-mail: gathie@cicese.mx

El Canal de Yucatán al igual que el de Cozumel se encuentran ubicados en la zona Noroccidental del Atlántico; el primero mide aproximadamente 196 km de ancho y hasta 2,040 m en su parte más profunda, mientras que el Canal de Cozumel mide 18 km de ancho y 400 m de profundidad. El flujo a través de ambos canales es llamado Corriente Yucatán y forma la parte Occidental del Giro Subtropical del Atlántico Norte.

Debido a la interconexión de las variables oceanográficas entre la cuenca del Caribe y del Golfo de México, es posible establecer una relación más precisa entre la variabilidad del flujo a través del Canal de Cozumel y del Canal de Yucatán. De existir una relación entre la estructura y transporte de ambos canales, será posible estudiar más a detalle el comportamiento de la Corriente de Yucatán a partir de mediciones en el Canal de Cozumel.

De julio del 2000 a junio del 2001 se instalaron nueve anclajes en el Canal de Yucatán y un anclaje en el Canal de Cozumel, con lo cual se realizaron mediciones de velocidad simultáneas en ambos canales. Análisis preliminares muestran una posible relación entre el comportamiento de la Corriente de Yucatán en el Canal de Cozumel y la zona oeste del Canal de Yucatán sobre profundidades mayores a 1000 m; sin embargo para la zona cerca de la costa a profundidades menores a 300 m la relación es menor.

Con base en lo anterior y utilizando la mismas mediciones, a partir de un análisis de ejes principales del primer modo de variabilidad para perfiles de ADCP, se discutirá la relación del flujo entre el Canal de Cozumel con puntos a través del Canal

de Yucatán. Lo anterior con el fin de establecer de forma más precisa la existencia de una relación en la estructura y transporte del flujo en los canales mencionados y las zonas donde ésta ocurre de forma más intensa.

OCE-09

INFLUENCIA DE LA LENGUETA DEL RÍO COLUMBIA EN BAHÍA SAN QUINTÍN

Saúl Alvarez-Borrego
 Depto. de Ecología, CICESE
 E-mail: alvarezb@cicese.mx

Con datos generados en los últimos 40 años se puede apreciar el arribo a la boca de Bahía San Quintín de parcelas de agua cuyo origen es la lengua del estuario del Río Columbia. El trazador pasivo que muestra esto con claridad es la salinidad. La salinidad típica del Sistema de la Corriente de California (SCC) frente al noroeste de Baja California es 33.6. Desde hace mucho tiempo esta lengua ha sido caracterizada con claridad hasta la zona frente a la Bahía de San Francisco. Frente a Oregon y el norte de California se aprecia con claridad con salinidades relativamente altas en las aguas cercanas a la costa, disminuyendo con la distancia a la costa hasta el núcleo de la lengua (hasta ~400 km de la costa), para luego aumentar hasta salinidades >34 en las aguas subtropicales. Analizando con detalle los datos del programa CalCOFI, se puede observar que en ocasiones hay agua superficial con salinidades <33.0 hasta la zona frente a Point Conception, al norte de Los Angeles. En estos casos la capa con $S < 33.0$ tiene un espesor de hasta ~100 m. Con muestreos en la boca de la bahía y a ocho kms frente a la misma, generando series de tiempo de hasta 18 días, se han medido salinidades inferiores a 33.6 (hasta de 32.8) en 1977, 1979, 1983 y 1984. Con un análisis de las salinidades de las masas de agua que pueden llegar a esta zona se concluye que el único origen posible es el estuario del Río Columbia. Con los datos generados de una manera puntual en 1973-74 se observa que las salinidades mínimas en la boca de San Quintín son menores en verano (33.0) que en invierno (33.0-34.0). Esto se debe a que el flujo del SCC es más intenso hacia el sur en verano. En invierno, frente a las costas de Oregon el flujo es débil hacia el sur y a menudo es hacia el norte, disminuyendo grandemente el efecto de la lengua del río hacia el sur. También, al inicio del verano se presenta el flujo intenso desde 600 km fuera de la costa hacia la misma en el frente de Ensenada, que al chocar con la costa se divide en dos: el flujo hacia el norte que forma la intrusión oligotrófica del Southern California Bight, y el flujo hacia el sur que luego se abre hacia mar adentro en la zona frente a San Quintín. Con los pocos datos disponibles se observa que las salinidades más bajas, y también la frecuencia más alta de estas bajas salinidades, se presentaron en los veranos de 1983 y 1984, años en que se tuvo el efecto de El Niño frente a Baja California. Esto puede deberse a un flujo intenso del SCC hacia el sur, lejos de la costa, para compensar el flujo costero hacia el polo. Si esto no se ha observado con claridad en los mapas de topografía dinámica pudiera deberse

a que este flujo tiene un componente barotrópico grande desde la superficie hasta por lo menos 500 m. Estas parcelas de agua con baja salinidad tienen baja frecuencia y en muestreos puntuales tipo CalCOFI o IMECOCAL a menudo no se detectan; se requiere de series de tiempo para detectarlas. El arribo de estas parcelas de agua desde el estuario del Río Columbia hasta Bahía San Quintín es un mecanismo de flujo genético para organismos que, como el copépodo *Acartia californiensis*, viven sólo en estuarios y lagunas costeras y tienen huevos diapáusicos para trasladarse grandes distancias. También pueden ser un mecanismo de transporte de contaminantes, como los isótopos radioactivos que se generaron por la planta nuclear de Hanford en los 1960s. El radioisótopo ^{51}Cr se llegó a detectar con claridad hasta 350 km al sur de la boca del río. Podemos hipotetizar que en los sedimentos de Bahía San Quintín haya concentraciones significativas de los radioisótopos ^{60}Co y ^{65}Zn con vidas medias de 5.3 y 0.67 años, respectivamente.

OCE-10

SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA HIDRODINÁMICA DEL PUERTO DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Cesar Coronado¹, Isabel Ramirez² y Steven Czitrom³¹ UABC

E-mail: iramirez@cicese.mx

² CICESE³ UNAM

Recientemente, el proyecto SIBEO ha generado un impulso a la investigación de la calidad del agua del puerto de Ensenada, en Baja California. Con el objetivo de evaluar el efecto de un flujo de 1 m³/seg. de agua limpia y oxigenada, se adaptó el modelo hidrodinámico tridimensional ELCOM al Puerto. ELCOM es una herramienta de simulación numérica que utiliza modelos hidrodinámicos y termodinámicos para simular el comportamiento temporal de cuerpos de agua estratificados sometidos a forzamientos ambientales. Los procesos de simulación incluyen respuestas baroclinicas y barotropicas, efectos rotacionales, forzamientos de marea, viento, calentamiento de la superficie y transporte de sal. Los resultados de la simulación sugieren que la onda de marea que entra por el canal de acceso al puerto domina la circulación además de un efecto importante del viento cuando su velocidad es mayor de 5 m/s. Los resultados de la velocidad del modelo concuerdan con las mediciones obtenidas anteriormente para el puerto, brindando un panorama horizontal más completo del obtenido por mediciones de perfiladores acústicos.

OCE-11

HIDRODINÁMICA DEL ESTERO DE PUNTA BANDA

Isabel Ramirez, Rafael Ramirez y Rubén Alvarado

CICESE

E-mail: iramirez@cicese.mx

Los esteros y lagunas costeras, no son únicamente apéndices del océano, sino que el efecto termohalino en la circulación se muestra amplificado por efecto de la escala horizontal y temporal de las variaciones de los forzamientos que compiten por conducir la circulación.

Se muestran los resultados de dos campañas de mediciones realizadas en el Estero de Punta Banda en Abril del 2001 y Julio del 2002. El objeto de las campañas fue el de identificar los patrones de circulación durante la pleamar y bajamar en un estuario inverso. En estos lugares la circulación es grandemente afectada por el gradiente de densidad generado por el calentamiento diferencial del estero debido a las variaciones de profundidad y el efecto del océano adyacente. Los datos de densidad muestran claramente el área de influencia de las aguas de la bahía y las áreas de estratificación y mezcla que se generan por este efecto.

OCE-12

ARE THE FLOWS OSCILLATING AND TRANSITIONS ABRUPT IN STOMMEL'S THERMOHALINE BOX MODEL?

S.N. Bulgakov¹ and Yuri N. Skiba²¹ Instituto de Astronomía y Meteorología, Universidad de Guadalajara

E-mail: sbulgako@udgserv.cencar.udg.mx

² Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

In the classic box model of the pole-equator thermohaline circulation (Stommel, 1961) a multiple states phenomena was predicted for the defined conditions. That is when the hydrodynamic system is at equilibrium points, the double T-S forcing can produce two different modes of circulation and catastrophic transitions for the same boundary conditions.

The further theoretical studies using models of the various complexity (2-D, 3-D) have confirmed these principal results and shown that thermohaline system can exhibit oscillatory solutions as well. That means the oceanic circulation should be easily perturbed through the relatively small external forcing perturbations near the equilibrium.

A series of laboratory experiments with double temperature and salinity forcing was conducted using an apparatus (channel between pole and equator boxes) designed to duplicate the conceptual Stommel's model of thermohaline circulation. The flow patterns are discussed depending on the model parameters (aspect ratio and buoyancy ratio) and specified boundary conditions providing maximum, partial and minimum convection regimes.

Three steady states are found in the control space of the model parameters: two-layer thermal mode (T2), two-layer saline mode (S2), and three-layer hybrid state (H3). The thermohaline circulation exhibit both smooth transitions and catastrophes depending on the rate of mixing. Free convection and double diffusion experiments with limited mixing have shown non-oscillating flows and smooth transitions. Abrupt Stommel's transitions and oscillations were found in the complete mixing experiments when two boxes were stirred by mixers. That means that condition of "well-mixed water" should be crucial for this phenomena to occur.

References:

Stommel, H. (1961). Thermohaline convection with two stable regimes of flow. *Tellus*, 13, 224-230.

OCE-13

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA ESTRUCTURA DE LAS ONDAS INTERNAS EN LA BAHÍA DE BANDERAS, MÉXICO

Anatoliy Filonov, Luis Plata, Irina Tereshchenko y Cesar Monzón
 Depto. de Física, CUCEI, Universidad de Guadalajara
 E-mail: afilonov@ccip.udg.mx

Se discuten los resultados del estudio del régimen de la distribución de temperatura y salinidad, de batimetría y de las condiciones de generación de las ondas de marea interna en la Bahía de Banderas. Para lograr este trabajo se realizó un levantamiento oceanográfico especial (82 lances verticales hasta profundidad 250 m) con un CTD ondulante. Estos mediciones cubrieron homogéneamente toda la Bahía. También con una ecosonda se realizó un levantamiento batimétrico muy detallado, cual permitió simular un mapa batimétrico de toda la Bahía con una resolución espacial de 50x50 m. Con base a la teoría de las ondas internas, se estiman los principales parámetros de las ondas internas semidiurnas, generadas por la marea barotrópica. Por datos de la distribución vertical de la frecuencia de Brunt-Vaisala y de la batimetría, se calculan las trayectorias de los flujos de energía de marea interna en la Bahía. Se muestra que los flujos de energía y amplitud de la marea interna dependen no solo de la intensidad de la marea barotrópica, sino también de los ángulos de llegada al borde de la plataforma continental en la Bahía.

OCE-14

VARIABILIDAD DE LAS SURGENCIAS COSTERAS EN LA ZONA PACÍFICA DE BAJA CALIFORNIA EN 1996-2002

Zaytsev O.¹, O. Sánchez Montante¹ y A. Gallegos García²

¹ CICIMAR, Instituto Politécnico Nacional
 E-mail: ozaytsev@ipn.mx

² Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

La plataforma occidental de la península de Baja California se caracteriza como una zona de intensa actividad de surgencias costeras, generadas por los vientos dominantes del

Noroeste, principalmente en los meses de primavera. Estas surgencias activan el transporte de nutrientes de aguas profundas a la zona eufótica, conformando en la zona costera las zonas de alta productividad biológica. La intensidad de las surgencias crece a lo largo de la costa peninsular hacia el norte. Los índices de surgencia varían en esta región en un rango bastante amplio, que depende de las condiciones de viento, topografía del fondo y a veces de la influencia de la corriente de California.

Con el fin de analizar la variabilidad estacional y sinóptica de las surgencias de 1996 al 2002 se calcularon las series temporales de índices de surgencia con alta resolución temporal (una semana) y espacial (0.5 grado de latitud) para toda la costa peninsular usando la distribución del viento (metodología de Pacific Fisheries Environmental Laboratory, NOAA). Se usaron los campos de viento, calculados con datos de presión atmosférica y después de 1999, adicionalmente se usaron los datos de viento de QuikSCat, NASA. La comparación de los resultados de estos cálculos con las distribuciones de la temperatura superficial (SST), obtenidas de las imágenes de AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) para el mismo periodo, mostró que las zonas frías en las distribuciones de SST, relacionadas a las surgencias, tienen correlación con los índices calculados, con la pendiente de la plataforma y con la orientación de la línea costera en cada localidad. La disminución de la temperatura en los núcleos de surgencias en mayo y junio puede alcanzar 2.5-3.0 grados C.

OCE-15

ESTUDIO DE ONDAS GRAVITACIONALES EN LA PLATAFORMA PACÍFICA DE BAJA CALIFORNIA SUR

S. Troyo-Diéguez, O. Zaytsev, M. Saldívar-Reyes y A. León-Manilla
 CICIMAR, IPN
 E-mail: stroyo@ipn.mx

Uno de los fenómenos transitorios en la superficie del mar, de gran importancia para la ingeniería de costas, ecología marina y planeación de desarrollo turístico en la zona costera, es el impacto del oleaje. Los grupos más importantes de oleaje son el oleaje local de viento, con periodos de 2 a 10 s, y el oleaje distante (swells), cuyos periodos caen en el intervalo de 10 a 30 s. Otro grupo importante de oleaje está formado por las ondas de Infragravedad (IG), las cuales se caracterizan por tener periodos, desde 30 s hasta 5 minutos (Herbers et al, 1993). Estas ondas tienen una variedad por su génesis y la responsabilidad de los cambios geomorfológicos que ocurren en la zona costera. En el rango de IG son de importancia las ondas marginales, las cuales son atrapadas por pendiente de la plataforma y se mueven en dirección paralela a la costa. Otro tipo de ondas IG es forzado por interacciones no lineales entre grupos de oleaje incidente.

El objetivo de este trabajo es analizar los registros de oleaje medidos en Diciembre de 1999 en la zona costera enfrente de Punta Gaspereño, B.C.S. Para cada registro se determinó el flujo de energía de oleaje y la contribución de los tres componentes: oleaje local, oleaje distante e IG. Para registrar el oleaje superficial con frecuencia de muestreo de 2 Hz, se utilizaron dos ológrafos InterOcean S4DW con memoria de 20 Mb, anclados en línea perpendicular a la costa, a profundidades de 10 y 15 m. Las series de tiempo obtenidas se analizaron con métodos espectrales.

Los máximos de densidades espectrales ($3.5 \text{ m}^2/\text{Hz}$) y las mayores alturas de ola (1.5 m) se presentan en los registros obtenidos en la profundidad de 10 metros. Se han comparado las energías en las bandas del oleaje local de viento y oleaje distante y se determinó la presencia de ondas de Infragravedad con períodos de 30 hasta 10 s, con coherencias mayores de 0.6, lo que señala la interacción entre el oleaje local y el swell, como el mecanismo de origen de estas ondas, las cuales a su vez pueden causar corrientes a lo largo de la costa. Los períodos más comunes de los máximos de energía espectral son alrededor de 16 segundos en ambas profundidades, lo que indica la presencia de swell dominante la mayor parte del tiempo de registro.

OCE-16

DINÁMICA DE LA CIRCULACIÓN DEL PACÍFICO MEXICANO

Ana Laura Flores Morales y Alejandro F. Parés Sierra
CICESE
E-mail: alflores@cicese.mx

A partir de datos históricos (Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set (COADS) y LEVITUS) y de satélite (QuikSCAT) y utilizando análisis objetivo tridimensional (x, y, t), se obtuvieron campos climatológicos de temperatura, salinidad y vientos para la zona del Pacífico Mexicano. Se calcularon las alturas dinámicas y corrientes geostroficas. Se discute la dinámica de estas corrientes y su modulación por el viento.

OCE-17

APLICACIÓN DE LA TEORÍA CNOIDAL PARA OLAJE PROGRESIVO

Guillermo Cardoso Landa
Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Facultad de Ingeniería,
Universidad Autónoma de Guerrero
E-mail: guillermocardozo@prodigy.net.mx

Se desarrolla un programa de cómputo que permite calcular las características físicas del oleaje progresivo utilizando la teoría cnoidal de Keulegan y Patterson: longitud de la ola, perfil de la superficie libre, celeridad, presión debajo de la superficie libre, periodo, velocidades orbitales horizontal y vertical de las partículas así como las aceleraciones orbitales horizontal y vertical, de manera simultánea para 20 partículas.

La importancia de este programa de cómputo radica en que ya no se tienen que utilizar las curvas que Wiegel propuso en el año de 1960 para la obtención gráfica de estas características del oleaje y además se puede llevar a cabo una comparación entre los distintos modelos teóricos del oleaje existentes.

Se dedujo una ecuación que permite relacionar directamente a las integrales elípticas completas de primera y segunda clase con su módulo, lo que era necesario para el desarrollo del citado programa de cómputo. Al aplicarlo se valida la región de aplicación propuesta por Littman y los trabajos experimentales de Le Méhauté, Divoky y Lin en el tanque de olas Tetra Tech, para olas con periodos de 1 a 12 segundos y relaciones $0.8 \text{ ft/s}^2 > d/T^2 > 0.05 \text{ ft/s}^2$.

OCE-18

EFFECTOS DE LA CONFIGURACIÓN COSTERA EN LA GENERACIÓN DE BANCOS DE ARENA

Noel Carbajal y Jorge Gómez Rivera
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica
E-mail: noelc@ipicyt.edu.mx

Experimentos numéricos sobre transporte de sedimentos como carga de fondo en cuencas idealizadas rectangulares muestran que los bancos de arena tienden a formarse en zonas donde los modos de Poincaré son generados intensamente. Esto sugiere que la configuración costera puede jugar un papel fundamental sobre que zonas son susceptibles a la formación de bancos de arena. En este trabajo presentamos los resultados de un modelo hidrodinámico-numérico sobre la formación de bancos de arena en diferentes configuraciones costeras. Los resultados son comparados con estructuras ondulatorias observadas en el fondo marino del Delta del Río Colorado y del Mar del Norte.

OCE-19

ESTIMACION DEL CAMPO DE OLAJE EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS MEDIANTE EL USO DE UN MODELO DE PREDICCIÓN DE OLAJE EN AGUAS SOMERAS

Diego Perelló Reina y Asdrúbal Martínez Díaz de León
Facultad de Ciencias Marinas, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
E-mail: diegoperello@yahoo.com.mx

Con el propósito de estimar el campo de oleaje dentro de la Bahía de Todos Santos (BTS), Baja California, se adaptó el modelo numérico de tercera generación para aguas someras SWAN (Simulating WAVes Nearshore) a la Bahía. Para validarlo se instalaron 3 aparatos de medición de oleaje en diferentes partes de la bahía; uno de ellos también media las condiciones del viento. Se realizaron simulaciones de calistenia para familiarizarse con el modelo y de donde se determinó su sensibilidad a cambios en los datos de entrada. De los aparatos

se obtuvieron los datos que sirvieron para compararlos con las simulaciones realizadas con el modelo para las mismas localidades. Los resultados muestran que el modelo es capaz de simular adecuadamente el campo de oleaje dentro de la bahía, ya que representa correctamente los procesos de propagación, generación y disipación del oleaje dentro de la BTS, todo esto en una sola corrida, lo que reduce considerablemente el tiempo de cómputo. De las comparaciones entre los datos obtenidos con el modelo y los reportados por los aparatos dentro de la BTS se hicieron correlaciones y pruebas de hipótesis para validar las simulaciones y por lo tanto el modelo en la BTS y no se encontró evidencia estadísticamente significativa, al 95% de confianza, para decir que la diferencia entre las medias de cada una de las comparaciones (H_s , T_{prom} , T_p y q_p de los aparatos y el modelo) sean diferentes a cero, por lo que se concluye que son iguales. El SWAN puede considerarse como un laboratorio de oleaje, que con sus debidas consideraciones en la interpretación de los resultados puede usarse en la resolución de problemas reales y necesidades de la zona costera, por lo que constituye una poderosa herramienta para la investigación y docencia que no puede dejar de aprovecharse.

OCE-20

INTERACCIÓN OLAS-CORRIENTES EN AGUAS DE PROFUNDIDAD FINITA: EFECTOS SOBRE EL CAMPO DE OLAS

Pedro Rosales, Pedro Osuna, Roberto Padilla Hernández,
Francisco J. Ocampo Torres y Jaak Monbaliu
CICESE
E-mail: prosales@cicese.mx

Generalmente cuando las olas se propagan sobre la superficie del océano lo hacen sobre un medio en movimiento. En regiones costeras, los campos de corriente y elevación producidos por el viento y la marea interactúan con las olas, modificando sus alturas y afectando la relación entre la longitud de onda y el periodo. La fuerza de la interacción depende de las características de la corriente (homogeneidad, si es o no estacionaria, ángulo que forma con la dirección de propagación de las olas, etc.). En este trabajo se investigan los cambios que se producen en los parámetros integrales de las olas, los espectros de energía y los esfuerzos en el fondo al considerar olas que se propagan sobre un campo de corrientes no estacionario y heterogéneo en aguas de profundidad finita. Se utiliza un modelo espectral de olas (WAM) acoplado a un modelo barotrópico forzado por viento y marea. Al modelo de olas se le incluye el término de disipación de energía por fricción con el fondo, propuesto por Christoffersen y Jonsson (1985), el cual considera explícitamente el proceso de interacción olas-corrientes. El sistema de modelos acoplados se aplica en el Mar de Norte mediante 4 mallas anidadas. Los resultados muestran variaciones en los campos de altura significativa y periodo al incluir el efecto de las corrientes, principalmente en zonas de bajos, donde los esfuerzos en el

fondo son determinantes en la disipación de la energía de las olas. Se encuentra fuerte dependencia entre los esfuerzos en el fondo y el parámetro de rugosidad.

OCE-21

TRANSFORMACIÓN DIRECTA DEL ESPECTRO DEL OLEAJE GENERADO POR HURACANES, AL ESPECTRO DE LA IMAGEN DE LA SUPERFICIE DEL MAR ADQUIRIDA POR UN RADAR DE APERTURA SINTÉTICA

F.J. Ocampo Torres y J.M. Puig Donelly
Depto. de Oceanografía Física, División de Oceanología, CICESE
E-mail: ocampo@cicese.mx

Con el objetivo de describir la variabilidad espacial del campo del oleaje generado por huracanes, se analiza una imagen de la superficie del mar adquirida por el radar de apertura sintética del satélite Canadiense RADARSAT-1. La imagen se obtuvo el 27 de octubre de 1998 en una región del Mar Caribe, cuando el huracán Mitch tenía categoría 5.

Se utiliza la simulación numérica del espectro del oleaje proporcionada por un modelo de tercera generación (WAM), forzado con campos de viento que provienen del análisis elaborado por la Agencia Meteorológica del Reino Unido. A pesar de que la simulación numérica produce un espectro del oleaje con menor variabilidad espacial que la que se observa a partir del análisis directo de la imagen del radar, algunas características del campo de olas coinciden en ambos casos.

La transformación directa del espectro del oleaje al espectro de la imagen, proporciona información detallada del proceso de la formación de la imagen. El intento de incluir términos no lineales en la transformación directa, sólo proporciona cambios marginales en la forma espectral y no permite extraer más información en lo que se refiere a la variabilidad espacial observada originalmente en la imagen.

Se hace énfasis en el hecho que la información presente en las imágenes adquiridas por radares de apertura sintética, corresponde con esa de la superficie del mar, sin importar la existencia de nubosidad. Algunas características inducidas por celdas de lluvia intensa se detectan fácilmente en algunos sectores del huracán. Esta es una contribución de Fase I de Oceanografía por Satélite (CONACYT DAI J002/750/00 C-834/00).

OCE-22

UNA NUEVA CLIMATOLOGÍA DE LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA SOBRE EL GOLFO DE CALIFORNIA CALCULADA A PARTIR DE DATOS DE SATÉLITE

A.F. Parés-Sierra¹, A. Mascarenhas², R. Castro³ y S. Guido Marinone M.¹

¹ Depto. de Oceanografía Física, División de Oceanología, CICESE
E-mail: apares@cicese.mx

² Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

³ Facultad de Ciencias Marinas, UABC

Datos de viento del satélite Quikscat son analizados para la región del Golfo de California. Se comparan con datos históricos de COADS y con algunas estaciones costeras y se describe la climatología resultante del análisis de los datos de satélite.

Por muchos años se ha creído que para toda la región del golfo la circulación atmosférica tiene un carácter fuertemente monzónico, se encuentra que en realidad ésta es una apreciación errónea producida principalmente por la escasez de datos y por el sesgo en la posición de los datos disponibles.

Se encuentra aquí un componente de circulación hacia el sureste dominante en toda la región con solo ráfagas ocasionales hacia el noroeste.

Se presentan estadísticas descriptivas de las características del viento y una función analítica de éste susceptible de ser usada para forzamiento de modelos numéricos.

OCE-23

PROYECCIÓN GLOBAL MECÁNICA DE TRAYECTORIAS CICLONICAS EN EL PACIFICO, GOLFO Y CARIBE MEXICANOS, EN UN MARCO DE REFERENCIA RELATIVISTA

Víctor Manuel Ramos González¹ y José Héctor Sandoval Ochoa²

¹ Comisión Nacional del Agua
E-mail: vramos@gsmn.cna.gob.mx

² Facultad de Ingeniería, UNAM

El propósito es proyectar globalmente sobre un plano geodésico las trayectorias huracánicas que ocurren en el Pacífico, el Golfo y el Caribe, de México; para modelar su posible predicción, en sus rutas. Para ello se parte del modelo de circulación global, de las masas atmosféricas sobre la corteza terrestre, donde se comparan las trayectorias reales que se apartan de las trayectorias esperadas de este modelo de circulaciones atmosféricas en condiciones de la región.

Los planos geodésicos obtenidos por medidas de gravedad, corregidas para el caso, expresan la configuración de las ondulaciones de los geóides mediante sus relativas depresiones y elevaciones superficiales (superficie alabeada), que respectivamente están asociadas a máximos y mínimos gravimétricos y que a su vez discriminan y expresan la

ubicación de concentraciones de alta densidad o polos de atracción actuantes sobre la masa del huracán, atractores que se encuentran inmersos en la corteza terrestre o inmediatamente debajo, en el manto de la Tierra; el espacio tridimensional, contiene al marco de referencia relativista considerado, el cual se restringe a dos dimensiones en el plano y en donde se proyecta una partícula moviéndose libre de fuerzas, la cual en su caída, sigue a la curva más corta entre dos puntos cualesquiera del plano, y la curva descrita sobre el espacio tridimensional es la trayectoria geodésica del huracán.

A partir de los movimientos de rotación y translación del huracán, se lo reduce a una partícula sólida en rotación, la cual es urgida a moverse dinámicamente por los efectos gravitacionales de los polos atractores asociados a la superficie geodésica sobre la cual se desplaza. Con estas restricciones tanto relativistas como de la mecánica clásica, las ecuaciones lagrangianas son las que mejor describen el modelo del movimiento de la partícula libre de fuerzas actuada únicamente por la gravitación, con lo cual se tiene el equivalente a la energía cinética de una partícula adosada a la configuración aparente de la superficie sobre la cual se mueve, y a la vez se proyecta en el plano.

Muchos autores de trabajos meteorológicos aplican la termodinámica para sus modelos sin tomar en cuenta la forma real de la Tierra (Geóide), en esta ocasión el trabajo de investigación se hace con la mecánica clásica que opera en la vecindad de la corteza terrestre y dentro del marco de referencia de la Teoría General de la Relatividad. En éstos términos las aplicaciones de las proyecciones sobre un plano geodésico, que corresponde a los cambios en la distribución de las densidades del interior terrestre, contribuyen a la predicción de mejores expresiones en las trayectorias huracánicas controladas por el campo de atracción gravitacional alrededor de centro de atracción gravimétrico. Por esto se propone aquí un modelo de pronóstico mecánico-relativista que opera en la predicción de trayectorias huracánicas, a partir de su punto inicial ciclogénico.

OCE-24 CARTEL

EFFECTOS DE LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO Y CARBONO ORGÁNICO EN FORAMINÍFEROS DEL GOLFO DE CALIFORNIA

F. Staines-Urías^{1,2}, R.G. Douglas¹, W. Berelson¹ y D.S. Gorsline¹

¹ University of Southern California
E-mail: staines@earth.usc.edu

² Universidad Autónoma de Baja California

Los foraminíferos son reconocidos por su potencial en estudios paleoceanográficos. En el Golfo de California han resultado útiles en la identificación de cambios en la paleoproduktividad y la oxigenación de aguas intermedias.

Estudios con foraminíferos bentónicos han mostrado que sus patrones de distribución están íntimamente relacionados con los flujos de carbono orgánico (Corg) y con el contenido de Corg en sedimentos. Los factores que controlan la distribución espacial de los foraminíferos vivos en sedimentos son el suministro de alimento y la concentración de oxígeno disuelto (den Dulk, *et al.*, 2000).

Este estudio pretende establecer si existen diferencias significativas en las características de las poblaciones en ambas márgenes del Golfo de California y cuales factores controlan estas diferencias. Para ello, fueron cuantificados foraminíferos bentónicos en cuatro núcleos sedimentarios provenientes de dos cuencas del Golfo de California. Uno, obtenido en Cuenca Alfonso localizada al oeste del Golfo y tres, que representan diferentes profundidades de la pendiente y fondo, obtenidos en Cuenca Pescadero localizada en la margen este.

Los 22mm superficiales de cada núcleo fueron seccionados cada 1.1mm. Las muestras fueron teñidas específicamente para proteínas (organismos vivos), se registró la concentración de oxígeno en la interface agua sedimento y la concentración de CO₂ en el agua intersticial a 10mm de profundidad.

Las condiciones oceanográficas en ambas cuencas son diferentes. La intensidad de los vientos capaces de generar surgencias en cada margen es diferente y las razones de depositación calculadas son significativamente mayores en Cuenca Pescadero (aprox. 1mm/año).

Resultados preliminares muestran una clara correlación entre la cantidad de Corg en los sedimentos y el tamaño y abundancia (no. de organismos/cm³) de los foraminíferos bentónicos. Las mayores abundancias se presentaron en los núcleos correspondientes a Cuenca Pescadero. Los valores de abundancia de foraminíferos vivos por debajo de los 15mm, son homogéneos y representan cerca de la tercera parte de la abundancia registrada en las muestras cercanas a la interface agua-sedimento (valores máximos). El núcleo correspondiente a la pendiente de la cuenca presenta la máxima abundancia (9,216org/cm³). Este máximo, un orden de magnitud mayor que los máximos contabilizados para los otros dos núcleos, fue registrado a 1.1mm de profundidad. El análisis sedimentario de la muestra, indicó que cerca del 40% del volumen total corresponde a materia orgánica. Es también en esta muestra, donde los organismos presentan el tamaño medio menor.

El perfil de abundancia de foraminíferos vivos para Cuenca Alfonso es diferente. Por debajo de los 11mm los valores se vuelven homogéneos y cercanos a cero. Solo se observa un máximo a los 2mm de profundidad. En este núcleo se registró el tamaño medio mayor.

Las concentraciones de oxígeno disuelto en ambas cuencas no son significativamente diferentes, por ello, las variaciones en la abundancia y el tamaño deben ser resultado de una variación en la cantidad de alimento disponible, que a su vez es

controlada por la productividad en la superficie y consecuentemente por las diferencias en los controles climáticos en cada una de las cuencas.

OCE-25 CARTEL

ANÁLISIS DE DATOS DE VIENTO Y OLEAJE, EN DOS SITIOS EXPUESTOS DENTRO DE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, DURANTE DICIEMBRE DEL 2001 Y ENERO DEL 2002

Rafael Blanco Betancourt, Asdrúbal Martínez Díaz de León y
Román Lizárraga Arciniega
Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
E-mail: rblanco@uabc.mx

Se realizó una campaña de mediciones de viento y oleaje del 29 de noviembre del 2001 al 12 de enero del 2002, en dos sitios expuestos dentro de la bahía de Todos Santos, B.C. Durante dicha campaña se instaló una estación meteorológica tipo AANDERAA modelo 2700 en la localidad denominada SCT, con la intención de conocer el campo de viento durante la temporada invernal. Simultáneamente se instalaron dos perfiladores acústicos tipo Doppler de 1000 kHz en las localidades Boca y Ciprés, respectivamente con los cuales se midió el oleaje. La información de oleaje en ambos puntos muestra claramente el arribo de swell proveniente del noroeste, como es de esperarse en esa época del año. Además se puede observar la respuesta del oleaje local al régimen de brisas del viento local, la cual se presenta y discute en este trabajo. Es notable que a pesar de la cercanía entre las dos estaciones de medición, la información registrada por ambos instrumentos no es cien por ciento igual, lo cual se explica como una consecuencia al proceso de refracción inducida por la topografía del fondo y por las corrientes generadas en la boca del estero de Punta Banda durante los periodos de reflujo de la marea.

Palabras Clave: viento, oleaje, oceanografía física costera, Ensenada, B.C.

Sesión

Paleontología

Martes 5

SALA C

CELEENTERADOS Y CRINOIDEO EN ROCAS DEL MISISÍPICO, EXPUESTAS EN EL CERRO LAS TRINCHERAS, EN LA REGIÓN CENTRAL DEL ESTADO DE SONORA

Blanca E. Buitrón Sánchez¹ y Emilio Almazán Vázquez²

¹ Instituto de Geología, UNAM

E-mail: blancab@servidor.unam.mx

² Depto. de Geología, Universidad de Sonora

A unos 35 Km al oriente de la Ciudad de Hermosillo, capital del Estado de Sonora, se encuentra expuesta una secuencia carbonatada depositada en ambiente de plataforma continental durante el Carbonífero.

El rasgo orográfico, denominado Cerro Las Trincheras, tiene una orientación franca noroeste-sureste y las coordenadas de la localidad son 29°03'35" de latitud norte y 110°35'55" de longitud oeste.

Las rocas predominantes son calizas en estratos gruesos a masivos, de color gris azulado, textura gruesa, parcialmente recristalizadas y contaminadas con cuerpos irregulares y nódulos de pedernal.

La columna bioestratigráfica expone un espesor de 85 metros.

Gracias a procesos de silicificación un gran número de ejemplares fósiles de corales solitarios han sido preservados, además de fragmentos de tallos de crinoideos que permiten conocer la edad específica de los sedimentos.

Los celenterados identificados corresponden a las especies *Caninia corniculum* (Miller) y *Caninophyllum sonorensis* Easton; reportadas en la región del Visán.

Con relación a fragmentos de tallos de crinoideos fosilizados, éstos corresponden a las especies *Rhysocamax cristata* Moore y Jeffords, reportados en Iowa y *Gilbertsoncrinus aequalis* Moore y Jeffords reportados en rocas del Misisípico de Kentucky, en los Estados Unidos de Norteamérica.

El conjunto faunístico de invertebrados marinos, que encierran las rocas químicas del Cerro Las Trincheras, permite apreciar que se formaron durante el Misisípico.

EL LÍMITE K-T EN MESA SAN CARLOS, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Miguel Agustín Téllez Duarte¹ y Javier Helenes Escamilla²

¹ UABC

E-mail: mtellez@uabc.mx

² Depto. de Geología, CICESE

El límite Cretácico-Terciario es un tema importante por sus implicaciones paleogeográficas, paleoclimáticas y de extinciones bióticas masivas en la tierra. En la costa noroccidental de la península de Baja California, la Formación Sepultura del Paleoceno sobreyace a depósitos del Cretácico Superior, posibilitando la existencia del límite Cretácico-Terciario (K-T). De existir éste, representa una nueva localidad para analizar las repercusiones ecológicas de éste evento en la costa del Pacífico y sus relaciones con otras localidades en otras regiones del mundo. Esto es particularmente importante por lo escaso de los afloramientos marinos del Paleoceno temprano tanto en California, E.U. como en Baja California. Una sección estratigráfica en Mesa San Carlos (al suroeste del Rosario), probablemente incluye límite K-T por no presentar una discordancia evidente como en la sección tipo de Mesa La Sepultura. En esta última localidad, las rocas del Daniano tardío descansan sobre las del Mastrictiano temprano, separadas por un conglomerado basal que representa un hiatus de alrededor de 10 Ma.

Con el propósito de explorar la posibilidad de un contacto K/T concordante, se levantó una sección estratigráfica en la localidad de Arroyo Cajilola en Mesa San Carlos, analizándose las características texturales de los sedimentos y su composición micro y macropaleontológica. Se encontró que existe la transición K-T sin una diferencia litológica evidente en las características de los sedimentos. A nivel macroscópico, se detectó la aparición de sedimentos terciarios por la primera aparición de *Turritella peninsularis* Quayle, indicadora de una edad Daniano temprano. 40 m por debajo de estos microfósiles, la asociación de dinoflagelados indica con mayor precisión la edad de Daniano temprano y del Mastrictiano tardío otros 60 m más abajo, lo cual sugiere la existencia del límite K-T. No fue posible detectar la existencia de un hiatus con base a las asociaciones de palinomorfs, ni precisar el sitio exacto donde se presenta el límite debido a que es necesario un muestreo mucho más fino para determinar con exactitud las primeras apariciones de *Damassadinium californicum*, *Ynezidinium pentahedrias*, *Spinidinium essoii*, e *Impagidinium patulum* del Daniano y las últimas apariciones del género *Dinogymnium*, que define el final del Cretácico.

PALINOESTRATIGRAFÍA DEL NEÓGENO EN LA CUENCA DE MACUSPANA, TABASCO, MÉXICO

Carrillo-Berumen R. y Helenes J.
 Depto. de Geología, CICESE
 E-mail: rberumen@cicese.mx

La palinoestratigrafía permite reconocer conjuntos de palinomorfos continentales (polen bisacado, polen y esporas) y marinos (dinoflagelados y moldes de microforaminíferos), los cuales ayudan a determinar edad y paleoambientes en sedimentos marinos someros y continentales. En la Cuenca de Macuspana, en el sur del Golfo de México, se perforó el pozo exploratorio Narváez-4, del cual se estudiaron por palinología 200 muestras de canal, del intervalo 125 a 2975 m de profundidad. Los resultados documentan los conjuntos de palinomorfos utilizados para asignar edades a los estratos y ayudan a interpretar los ambientes de depósito.

La sección estudiada representa sedimentación durante el intervalo Plioceno a Mioceno. El intervalo Plioceno incluye desde 125 m hasta los 1175 m y contiene a las especies de polen *Bombacacidites baculatus*, *Psilatricolporites crassus* y *Echiperiporites estelae*. La cima del intervalo Mioceno Medio a Tardío sin diferenciar se encuentra a los 1220 m, determinada por la presencia del dinoflagelado *Selenopemphix brevispinosa*. La cima del Mioceno Temprano se encuentra a los 2195 m determinada por la presencia de la espóra *Echitriteles muelleri*.

En la evolución paleobatimétrica de la sección estudiada se reconocen dos ciclos transgresivo-regresivos, los cuales se correlacionan con los ciclos eustáticos de segundo orden (Haq *et al.*, 1988), TB3 (ciclo superior) y TB2 (ciclo inferior).

El ciclo superior incluye desde la cima de la sección hasta 1790 m de profundidad. Con una transgresión máxima en los 1270 m, en donde las muestras contienen las especies de dinoflagelados: *Selenopemphix nephroides*, *Hystrichokolpoma rigaudiae* y *Spiniferites ramosus*, que representan ambientes neríticos de interno a externo. El intervalo regresivo (125-1245 m) se caracteriza por una gran diversidad de polen y esporas provenientes de zonas montañosas (*Podocarpidites* sp.) y planicies costeras (*Mauritidites* sp.). En la parte superior (170-400 m) de este intervalo, es común la presencia de dinoflagelados retrabajados de Mioceno temprano y Oligoceno.

El ciclo inferior incluye de 1810 a 2975 m de profundidad, encontrándose el punto de máxima transgresión a los 2460 m, en donde las muestras contienen los dinoflagelados *Nematosphaeropsis balcombiana*, *Multispinula quanta* y *Spiniferites mirabilis*, que representan un ambiente nerítico externo. En el punto de regresión entre ambos ciclos (1810 m), las muestras contienen varias especies continentales, entre las que destacan la espóra *Foveotriteles ornatus* y las especies de polen *Psilatricolpites crassus* y *Echiperiporites estelae*.

UN NUEVO REGISTRO DE LA FAMILIA MACROSEMIIDAE (NEOPTERYGII-HALECOSTOMI) EN CHIAPAS, SURESTE DE MÉXICO

Katia González¹, Pedro García² y Javier Avendaño³

¹ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
 E-mail: pgb@hp.fciencias.unam.mx

² UNAM

³ Instituto de Historia Natural y Ecología del Estado de Chiapas

La familia Macrosemiidae incluye a un grupo de peces extintos que estuvo ampliamente distribuido en la parte oriental del mar de Tethys durante el mesozoico. Los registros más antiguos del grupo en Europa, datan del Triásico Tardío de Inglaterra, Italia y Austria y los más jóvenes provienen del Cretácico Temprano de España, Bélgica e Italia. En América se registró por primera vez a la familia en la cantera Tlayua de Tepexi de Rodríguez, Puebla, localidad albiana en la que se descubrió un género europeo y varias especies nuevas.

Un nuevo macrosémido, referido a *Macrosemius fourneti*, fue descubierto en la cantera El Espinal de Chiapas, localizada cerca del poblado de Espinal de Morelos, municipio de Ocozocautla. El ejemplar se encuentra bien conservado e incluso presenta parte del contenido estomacal.

Macrosemius fourneti sólo se había encontrado anteriormente en el Jurásico tardío (Kimeridiano inferior) de Cerin, Francia, por lo que su presencia en Chiapas, amplía el alcance estratigráfico de la especie hasta el Cretácico Temprano (Aptiano Tardío-Albiano Temprano) e indica que los macrosémidos estuvieron presentes a lo largo del mar de Tethys, penetrando en ocasiones a cuerpos de agua dulce o salobre.

Aparte de los peces, en la cantera se han recolectado algunos invertebrados como pequeños bivalvos y gasterópodos, restos vegetales (impresiones de hojas y ramas) y abundantes larvas de insectos de diferentes especies.

Los estratos donde se localiza, se depositaron muy probablemente en un ambiente lagunar con importante influencia de agua dulce. Desde el punto de vista geológico, se incluyen dentro de la Caliza Sierra Madre; son de caliza dolomitizada color crema y de laminación muy fina.

PALEO-05

PALEOGEOGRAFÍA DEL MAASTRICHTIANO-PALEOCENO EN BAJA CALIFORNIAHelenes J.¹ y Téllez Duarte M.A.²¹ Depto. de Geología, CICESE

E-mail: jhelenes@cicese.mx

² Facultad de Ciencias Marinas, UABC

La evolución paleogeográfica de Baja California durante el Maastrichtiano-Paleoceno se ha interpretado principalmente a partir de evidencias geológicas y geofísicas. Mientras que algunos datos paleomagnéticos sugieren un desplazamiento de la península de hasta 3,000 kilómetros hacia el norte, datos geológicos regionales indican un desplazamiento de 300 kilómetros para reunir áreas similares en el norte de Baja California y Sonora. Además, datos geoquímicos en rocas ígneas crétácicas indican afinidad entre las regiones de los Cabos, Nayarit y la región occidental de Jalisco.

Conjuntos de dinoflagelados, foraminíferos e invertebrados de varias secciones estratigráficas del Cretácico Superior al Terciario Inferior en el occidente de Baja California aportan datos importantes para aclarar esta parte de la evolución paleogeográfica de la península.

Los dinoflagelados fósiles, se subdividen en conjuntos ecuatorial, templado o frío (latitud alta) durante gran parte del Cretácico Superior. Con base en foraminíferos planctónicos, también es posible definir hasta cuatro provincias biogeográficas en rocas de esta época. Estas son, de más cálida a más fría: Tetis, Central, Intermedia y Boreal.

Durante el Campaniense-Maastrichtiense, los conjuntos de dinoflagelados de Baja California contienen los géneros *Isabelidium*, *Silicisphaera* y *Spongodinium*, los cuales indican depositación en una provincia templada. La ausencia de los géneros *Andalusiella* y *Cerodinium* resalta la diferencia con floras cálidas del Tetis. Los foraminíferos planctónicos y bentónicos reportados de rocas de Baja California de esas edades, también tienen afinidad con climas templados, siendo similares a faunas reportadas de California.

Durante el Paleoceno los géneros de dinoflagelados *Damassidium*, *Lejeuncysta* y *Spinidium*, así como los de foraminíferos bentónicos (tipo Midway) *Eponides*, *Anomalinoides*, *Cibicides* y *Gyroidinoides* indican afinidad con conjuntos de zonas templadas, similares a los reportadas en rocas de California, de la costa oriental de Estados Unidos y de Europa. Los moluscos del Paleoceno temprano indican afinidades subtropicales a tropicales sin diferenciar.

Los conjuntos fósiles de Baja California indican que en la península, las rocas sedimentarias de edades desde Campaniense hasta Paleoceno temprano, fueron depositadas en una provincia templada. Con estos datos y los modelos de evolución paleogeográfica basados en tectónica de placas, concluimos que la península no fue transportada más de 300

kilómetros. De haber sido transportada los 3,000 kilómetros indicados por algunos modelos, los conjuntos fósiles tendrían claras afinidades tropicales como los de las faunas encontradas en rocas de la región del Tetis.

PALEO-06

ESTUDIO PALEONTOLÓGICO DE CONDRICTIOS Y OSTEICTIOS DEL NEÓGENO (PLIOCENO INFERIOR) DE LA FORMACIÓN "ARENAS DE HUELVA" (SUROESTE DE ESPAÑA)

Edith Xio Mara García García

E-mail: edithxiomara@hotmail.com

Se realizó un estudio de cuatro yacimientos paleontológicos ("Bonares A", "Bonares B", "Niebla" y "Trigueros"), ubicados en la Formación "Arenas de Huelva" Suroeste de España, con buenas características de exposición y preservación en los afloramientos.

A partir del análisis de 33 kilogramos de muestras de arena y el estudio de las 3 colecciones privadas se identificaron 19 especies de condriactios y 12 de osteictios con un total de 594 individuos. La distribución bioestratigráfica de los diferentes taxa permite dar una edad Plioceno.

Desde un punto de vista paleoecológico todas las especies son características de zonas circalitorales.

Gracias a esta investigación y a estudios previos basados en la malacofauna, se realizó una aproximación a la Cadena Trófica Pliocénica.

Los géneros encontrados coinciden con géneros reportados encontrados en Montpellier (Francia) y el Algarbe portugués, a partir de esta nueva aportación es posible englobar estos yacimientos dentro de una misma provincia paleogeográfica localizada en el Suroeste de Europa.

PALEO-07

EVIDENCIAS FÓSILES DE LA PRESENCIA DE UN LAGO DURANTE EL PLIOCENO EN LAS CERCANÍAS DE TULA, HIDALGOAlvarado Ortega Jesús¹ y Carranza Castañeda Oscar²¹ Instituto de Geología, UNAM

E-mail: brujayneron@hotmail.com

² Centro de Geociencias, UNAM

La prospección paleontológica llevada a cabo durante el año de 2001, en la región de Tula de Allende, Hidalgo, en un proyecto de colaboración entre el Instituto de Geología y el Centro de Geociencias, UNAM, se recolectaron fósiles en dos localidades previamente conocidas, La Viga de Tula y La Cementera, que se ubican a 2 Km al oeste del complejo industrial de la Cementera Tolteca; además, fueron descubiertas dos nuevas localidades fosilíferas, que fueron nombradas como

El Hoyo y Teacalco, ambas ubicadas a 2 km al sur de La Cementera Tolteca, en las cercanías de la rancharía San Lucas Teacalco.

La secuencia sedimentaria observada en La Viga de Tula y La Cementera se compone al menos 23 metros de estratos intercalados de limos verdosos y areniscas volcánicas con venaciones de calcita. Existen marcas de desecación en los limos que están rellenas con areniscas volcánicas, así como conglomerados formados por fragmentos de los estratos descritos, lo cual permite suponer que el depósito en estos lugares tuvo lugar en un ambiente lacustre en donde los niveles del agua y la energía eran variables. Sobre la secuencia anterior se depositan, tras una discordancia erosional, estratos de conglomerados, arenas y gravas, y sobre éstas hay tobas con intercalaciones de arena y cenizas volcánicas portadores de fósiles pleistocénicos.

En El Hoyo y Teacalco se expone una secuencia de al menos 70 metros de grosor de estratos más potentes, donde las arcillas y limos son los elementos predominantes y las areniscas volcánicas no están presentes, probablemente depositadas en un cuerpo de agua permanente y con condiciones más estables respecto al de las localidades anteriores. Al igual que en las localidades anteriores, se depositan sobre una discordancia erosional, estratos de conglomerados, arenas y gravas, tobas con intercalaciones de arena y cenizas volcánicas portadores de fósiles pleistocénicos.

En todas las localidades mencionadas, los elementos fósiles más abundantes colectados corresponden a una especie de pez perteneciente al grupo de los Catostomidos, la cual ha sido determinada de manera preliminar como *Ictiobus* sp.. Otros restos de peces colectados en la Viga de Tula y La Cementera corresponden al género *Ictalurus*, comúnmente conocido como bagre. Ambos grupos son representantes típicos de la paleoictiofauna cenozoica encontrada en ambientes lacustres de Norteamérica representados por varias especies recientes.

La presencia de la misma especie de *Ictiobus* en las cuatro localidades, así como las semejanzas en su litología permite establecer una correlación entre ellas, a pesar de que aún está pendiente el desarrollo de estudios geológicos y litológicos más detallados.

Entre los restos de organismos terrestres encontrados, procedentes de la Viga de Tula y Teacalco, se cuenta con molares y elementos poscraneales de *Nannippus peninsulatus*, fósil índice del Blancano, de América del Norte. Esto permite determinar los yacimientos lacustres portadores de peces fósiles fueron depositados durante el Plioceno y posiblemente la parte del Mioceno. Además se cuenta con otros restos óseos de vertebrados terrestres que están siendo preparados para su determinación taxonómica. En los estratos mas finos de la secuencia de la Viga se recolectaron valvas de ostracodos que podrían contribuir para conocer con mayor detalle el paleoambiente en el que todos estos organismos se desarrollaron.

Los restos de *Ictiobus* e *Ictalurus*, asociados a *Nannippus peninsulatus* y los otros restos fósiles, reportados en estas cuatro localidades, representan la primera evidencia paleontológica que permite establecer que durante el Plioceno y posiblemente desde el Mioceno, existió un lago en la región de Tula de Allende, Hidalgo (cuyas dimensiones y duración aún requieren ser determinadas) que debió estar conectado con otras regiones lacustres de origen pluvial del país, cuya existencia está sólidamente documentada desde el Mioceno en distintas regiones de la Faja volcánica Transmexicana.

PALEO-08

RADIOLARITAS DE FM. CHILITOS (KI) EN EL N DEL EDO. DE ZACATECAS

Jesús Nájera-Garza

Unidad Académica de Ing. de Minas, Metalurgia y Geología, UAZ
E-mail: jng1207@hotmail.com

Las radiolaritas de la Formación Chilitos (Ki): sus afloramientos en el Norte del Estado de Zacatecas, implicaciones tectonoestratigráficas e hidrogeológicas regionales.

Esta investigación geológica, que ha estado en proceso de realización, en periodos intermitentes desde el 2001, con el propósito de indagar las relaciones tectónicas, entre las diversas unidades litológicas presentes en la región; se considera de sumo interés geológico-minero e hidrogeológico regional, por su trascendencia, en el futuro, en el enfoque de las exploraciones, con fines socio-económicos; que impactarían, en el desarrollo de todo la región semidesértica, de los Estados de Zacatecas y San Luis Potosí.

Aquí se considera, preliminarmente, que las unidades litológicas del área en cuestión, NO corresponden a las que, en los últimos años, se han venido refiriendo, múltiples investigadores; respecto a su status sedimentológico, estratigráfico y, mucho menos, tectónico. Veamos el meollo del tema:

El denominado basamento triásico regional, es el que aflora en el norte del Edo. de Zac.; es decir, el Esquistos Caopas y sobre dicho basamento, yacen las Fms. Nazas, Zuloaga, la Caja, Cupido, Cuesta del Cura, Indidura y Caracol; estas últimas dos, están cubiertas por material aluvial y eluvial cuaternario.

En este resumen, continuación del presentado en Nov. de 2001, se informa de los afloramientos de radiolaritas interestratificadas en la Fm. Chilitos del Ki (Valanginiense), que se localizan mucho más al norte de donde "comúnmente" se delimita el llamado terreno "Guerrero" (Negro?). Las coordenadas aprox. son: N24°45' y 102°20'W; a casi 110 km al NNE de la Cd. de Zacatecas y a unos 75 km al NE de Fresnillo, localidad tipo de la Fm. Chilitos (en el arroyo homónimo). La rancharía más cercana es "Estancia La Colorada", a 9 km al N por terracería. En algunos

afloramientos de esta área, las radiolaritas están alteradas, por silicificación de apófisis riolíticos con escasa presencia de minerales de cobre, que les imparten coloración verdusca, que las confunden con la "Roca Verde" (espilita o propilita). A esta última se le ha considerado como una roca intrusiva-eruptiva del tipo MORB, esto implicaría que en el centro-norte del Edo. de Zacatecas hubo un fondo oceánico, puesto que a la Fm. Chilitos se le ha considerado dentro de esa secuencia volcano-sedimentaria de un ambiente de arco volcánico. Sería muy conveniente que los investigadores especializados en este tipo de estudios, verificaran la importancia que estos afloramientos tienen, para la Geología aplicada a resolver problemas del uso de recursos naturales de las comunidades rurales y algunas urbanas.

La Fm. Indidura es la que se considera constituir el acuífero somero, que actualmente está utilizándose, en los nuevos predios abiertos a la agricultura, en las áreas adyacentes a la zona de esta investigación; posiblemente, surtida por aguas subterráneas, de circulación más profunda, que fluye a través de las Fms. Cuesta del Cura, Cupido y Zuloaga.

En la excursión al Cerro de "La Pinta o de la Calera", el 31 de Marzo, 2001, se constataron los afloramientos de las Fms. Nazas, Zuloaga, La Caja, etc.; con echados hacia el sur de 300-400, además, en algunos sitios los estratos lutíticos o de calizas delgadas, están muy deformados, como si fueran pliegues "ptigmáticos" {¿alteración por intrusión de la "Roca Verde" (= propilita o espilita?)}.

Lo más importante fue localizar a la (Ki-Valanginiano, Fm. Chilitos?) "Roca Verde", espilita o propilita, bajo (¿intrusionando?), la Fm. Nazas del Triásico superior-Jurásico inferior, muy intemperizada, visible junto con los esquistos de la Fm. Zacatecas del Triásico medio-superior (piso Cárnico) en el arroyuelo que se inicia en el puerto topográfico, localizado entre los cerros donde se explotan las calizas. Esta situación, de corroborarse FEHACIENTEMENTE, podría ser evidencia bien fundamentada, para demostrar que las "Rocas Verdes", están intrusionando a las rocas triásicas de las Fms. Zacatecas y Nazas; lo que induciría a deducir que el denominado "Terreno Guerrero" (Negro?), es un conjunto de rocas LOCALES y no "TRANSLADADAS POR UN CONSIDERABLE TRANSPORTE TECTÓNICO".

Otro dato interesante lo constituye (López Infanzón, 1993), el pozo de exploración de PEMEX, en la región de Tapon, al NW de Charcas, S.L.P.; que se reporta perforó una sección de 4,600 m de metasedimentos triásicos.

Toda la secuencia metasedimentaria ha sido correlacionada con los Esquistos Caopas (Fries y Rincón-Orta, 1965), y la Fm. Rodeo (Tristán y Torres, 1992) del N del Edo.; y hacia la región de Peñón Blanco, S.L.P.-Zac., la Fm. Ballena, del Triásico-con amonoides, yace en contacto discordante, NO Tectónico, BAJO los estratos rojos de la Fm. Nazas ("Terreno Sierra Madre").

Por lo antes mencionado, ¿podría considerarse a esta secuencia metasedimentaria del Triásico, como el basamento regional nor-central de México, y no como un conjunto litológico "acrecionado", como afirman algunos especialistas en tectónica continental?

En La Ballena, Mpio. de Villa Hidalgo, Zac., al NE del poblado, la Fm. Zuloaga del Jurásico superior, de calizas, en estratos delgados y medianos, con capas de lutitas parcialmente filitizadas y esquistas; aparece sobre la Fm. Ballena del Triásico-con amonoides. En el área de la Mina Real de Ángeles, Mpio., Noria de Ángeles, Zac., los estratos de calizas, son semejantes a los de la descripción de la Fm. Cuesta del Cura, del Cretácico inferior (Kicc), de la Carta APIZOLAYA, del norte del Edo. de Zac., (Córdoba, 1963).

Se podría considerar, que estas hipótesis tendrían influencia muy importante, en el enfoque de las exploraciones geológico-minera e hidrogeológica regional (agua subterránea disponible, en cantidad y calidad), y quizá, también petrolera, para el desarrollo social y económico, en toda la región semidesértica, de esta parte del País; si esta investigación interdisciplinaria, al llegar a su término, lograra obtener conclusiones de aplicación práctica real, en esta área y en otras similares, en el resto del territorio nacional.

PALEO-09 CARTEL

NUEVOS DATOS PALEOAMBIENTALES DE LA CANTERA TLAYUA EN TEPEXI DE RODRIGUEZ, PUEBLA, MEXICO

Guerrero-Arenas Rosalía¹, Pedro García-Barrera², Elena Centeno-García³, Pedro Morales-Puente⁴ y Edith Cienfuegos Alvarado⁴

¹ División de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM
E-mail: rasaliaga@yahoo.com

² Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM

³ Depto. de Geoquímica, Instituto de Geología, UNAM

⁴ Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica, Instituto de Geología, UNAM

El objetivo principal de este trabajo es aportar nuevos elementos para establecer el paleoambiente del Miembro Medio de la Formación Tlayúa, Puebla, México, con base en la interpretación de los icnofósiles de invertebrados, y con análisis isotópicos de Carbono y Oxígeno aplicados a las calizas portadoras de las icnitas. Como resultado de este estudio se encontraron nueve tipos distintos de icnofósiles: Ophiomorpha, ¿Scolicia?, Circulichnis y Planolites, además de cinco tipos distintos de huellas. Etológicamente, las huellas corresponden a las categorías de Fodinichnia, Pasichnia, Equilibrichnia, Agrichnia y Dominichnia. La variedad de conductas observadas sugiere que la actividad de la comunidad era suficientemente estable para permanecer en el sitio y dejar sus rastros -al menos en periodos cortos-. Los icnofósiles sugieren que la comunidad pudo haber estado constituida por organismos vermiformes (anélidos y/o poliquetos), crustáceos anomuros, gasterópodos y probablemente equinodermos. Estos resultados

contrastan con las hipótesis propuestas anteriormente, en las que se sugiere que en el depósito no existían las condiciones mínimas para la supervivencia de los organismos.

Por otro lado, los valores promedio del delta carbono-13 (VPDB) en los niveles portadores de icnitas oscilan entre -5.01 y -5.06, mientras que los valores del delta oxígeno-18 (VPDB) van de -6.9 a -7.36; estos valores coinciden con los registrados en calizas de origen dulceacuícola, y no coinciden con los esquemas paleoambientales propuestos anteriormente, en el que se propone que el depósito es esencialmente marino.

Como conclusión, proponemos que el depósito sedimentario se realizó en un ambiente lagunar, en donde predominaban las condiciones de agua dulce -al menos en ciertos niveles estratigráficos como los estudiados aquí-. Dicho lugar recibía eventualmente aportes de aguas marinas con restos orgánicos y organismos vivos, los cuales pudieron establecerse como comunidad en el fondo de la laguna. Finalmente, se sugiere seguir investigando y profundizando en el análisis de los datos sedimentológicos e isotópicos, con el fin de establecer si las condiciones paleoambientales planteadas en este estudio se cumplen en la parte restante del depósito.

PALEO-10 CARTEL

BIOESTRATIGRAFÍA DE LOS ARTIODÁCTILOS DE LAS FAUNAS DEL TERCIARIO TARDÍO DEL ÁREA DE SAN MIGUEL DE ALLENDE

Jiménez Hidalgo E.¹ y Carranza Castañeda O.²

¹ Instituto de Geología, UNAM

E-mail: eduardojh@hotmail.com

² Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro

Los trabajos de prospección realizados en los sedimentos fluviales y lacustres del Terciario tardío del graben de San Miguel de Allende Guanajuato, han dado como resultado la integración de la mayor colección de mamíferos recolectados en el centro de México que tienen un confiable control estratigráfico. El material fósil recolectado en esta cuenca, representa la mayor diversidad de taxa conocidos hasta ahora en el centro de México; entre los taxones más abundantes se encuentran los artiodáctilos. El estudio de esta colección ha demostrado la existencia de dos secuencias faunísticas superpuestas que representan dos edades de mamíferos, Henfiliano (Mioceno tardío) y Blancano (Plioceno). Los équidos y los carnívoros han sido usados tradicionalmente como los principales índices estratigráficos para definir estas edades.

El estudio de los artiodáctilos del área de San Miguel de Allende permitió identificar los diferentes géneros y especies presentes, además de establecer sus alcances bioestratigráficos. Aunado a ello, existen fechamientos radiométricos basados en ⁴⁰Ar/³⁹Ar y en fission-track para los estratos portadores. Esta información permite determinar las edades de los sedimentos que contienen las especies de artiodáctilos descritas en este trabajo.

En el Henfiliano. En la localidad La Presa se identificó al camélido *Hemiauchenia vera*. En las localidades de Rancho El Ocote y Rinconada, de 4.8 a 4.4 Ma se reconocieron a los camélidos *Hemiauchenia vera* y *Megatylopus matthewi*, y asociados, el tayasúido *Prosthennops* sp, el camélido *Alforjas* sp y el antilocáprido *Texoceros* sp. También en el Henfiliano tardío se identificó al antilocáprido *Subantilocapra* sp.

En el Blancano. En las localidades de Rancho Viejo, en sedimentos de 4.1 a 3.3 Ma, se determinó al camélido *Hemiauchenia blancoensis* y el tayasúido *Platygonus* cf. *P. alemani*. En estratos de 4.1 Ma de la localidad Garbani se reconoció al camélido *Megatylopus*(?) sp, que es una especie diferente a la del Henfiliano. En la localidad Arrastracaballos de 3.6 a 3.3 Ma, se identificó al antilocáprido *Capromeryx tauntonensis*.

Como se observa, cada una de las especies corresponde a una edad de mamíferos.

Por su parte, el antilocáprido endémico del Terciario tardío de México *Hexobelomeryx fricki* se encuentra en toda la secuencia bioestratigráfica faunística, aunque es más abundante en el Henfiliano.

Los artiodáctilos son uno de los órdenes más abundantes en las faunas del Terciario tardío de México y América del Norte; por este motivo la determinación de las especies de cada una de estas edades de mamíferos en las faunas del centro de México, las convierte en importantes marcadores bioestratigráficos adicionales, haciendo posible una correlación más confiable entre las faunas de México y las de las Grandes Planicies de los Estados Unidos.

Sesión

Riesgos y Peligros

Lunes 4 — Martes 5

SALA A

RP-01

**ESTIMACION DE LA PELIGROSIDAD SISMICA DE LA
POSIBLE RUPTURA DEL SISTEMA DE FALLAS
ACAMBAY-TIXMADEJÉ Y VENTA DE BRAVO-PASTORES
DEL GRABEN DE ACAMBAY, ESTADO DE MEXICO,
MEXICO**

Oscar Ishizawa, Javier Lermo y Jorge Aguirre
Instituto de Ingeniería, UNAM
E-mail: jles@pumas.iingen.unam.mx

En 1912, en Acambay, Edo. de México, a una distancia de 80 km. de la ciudad de México, ocurrió un sismo de magnitud 6.9 aproximadamente. Las áreas de daños reportadas para este sismo sugieren que éste se originó en fallas superficiales. En este estudio nos interesaremos principalmente en dos de estas fallas que constituyen el graben de Acambay del sector Oriental del Eje Neovolcánico Mexicano: la falla de Acambay-Tixmadejé y el sistema de fallas de Venta de Bravo-Pastores. Utilizando el registro del sismo principal de Tlaxcoapan, Hgo., ($M = 3.9$) del 18 de marzo de 1998 y proponiendo el escenario de la posible ruptura de las fallas mencionadas, estimaremos el movimiento sísmico resultante en la estación de Ciudad Universitaria (CU). Para ello se planteará un modelo realista con base en los parámetros de fuente del sismo antes mencionado. Para la estimación se utilizará el método de las funciones de Green empíricas.

Los resultados de la estimación del peligro sísmico de la posible ruptura del sistema de fallas Acambay-Tixmadejé y Venta de Brava-Pastores, son de gran expectativa y preocupación, porque al compararlos con temblores de aproximadamente la misma magnitud de otras fuentes, como la de subducción y la de fallamiento normal dentro de la placa subducida, como son los temblores de San Marcos ($M_w = 6.9$) y el sismo de Tehuacan ($M_w = 7.0$), respectivamente; muestran una mayor energía sísmica hacia altas frecuencias (entre 1.0 y 20 Hz). Estos resultados se pueden observar tanto en los acelerogramas de cada uno de estos temblores comparado con el simulado, así como en sus espectros de Fourier y de respuesta para un amortiguamiento del 5%. Para el espectro de Fourier el aumento es de aproximadamente un orden de magnitud entre las frecuencias de 1.0 a 20 Hz del simulado, con respecto a estos dos temblores. Mientras que para el espectro de respuesta, la diferencia entre estos dos temblores con respecto al simulado es de 6 veces aproximadamente entre 0.1 a 0.5 segundos, y de 3 veces aproximadamente entre 0.5 a 1 segundo.

RP-02

**VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS ESTRUCTURAS
CRITICAS DE LA CIUDAD DE ENSENADA, B.C.**

Juracy Soares Lopez¹ y Jose Acosta Chang²

¹ Facultad de Ingeniería, UABC

E-mail: juracy@uabc.mx

² Depto. de Sismología, CICESE

Se describen los resultados de los danos esperados sobre las estructuras críticas de la ciudad de Ensenada, B.C. postulando el rompimiento de un sector de la Falla Agua Blanca, empleando las ecuaciones predictivas de Joyner y Fumal (1985) y las matrices de vulnerabilidad (American Technology Council) adecuadas para la ciudad.

El efecto de sitio es incluido en las ecuaciones predictivas en relacion con la velocidad de propagacion de las ondas de corte en los primeros 30 metros de profundidad, para lo cual se realizaron 6 perfiles de velocidad en la ciudad.

Una rapida inspeccion visual coloca ciertas estructuras criticas en un nivel mayor de probabilidad de dano que el esperado, por presentar debilidades estructurales.

Se efectua una comparacion de los danos esperados sobre las estructuras criticas al considerar el rompimiento del sector sur de la Falla San Miguel con los obtenidos para Agua Blanca.

RP-03

**GPS TEC MONITORING IN MEXICO AND ITS POSSIBLE
APPLICATION FOR SHORT-TIME SEISMIC WARNING**

S. Pulinets¹, A. Leyva-Contreras¹, V. Kostoglodov¹, V.

Sinelnikov² and S. Andreevsky²

¹ Instituto de Geofísica UNAM

E-mail: pulse@igefcu.unam.mx

² Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radiowave Propagation, IZMIRAN

Space-based radio navigation systems such as US Global Positioning System (GPS) and the Russian Global Navigation Satellite System (GLONASS) offer a unique opportunity to study the Total Electron Content (TEC) of the ionosphere on a global scale. The carrier and code phases are affected by the integral of electron density along the ray path of the GPS signal within the ionosphere. The well developed recently techniques of the GPS signal processing permit from code and phase delays to calculate the vertical columnar electron content (vertical TEC). The GPS data are available every 30 seconds, so practically continuous information on the current state of the ionosphere could be obtained. Having the spread system of GPS receivers it is possible to have information not for one point only but to build ionospheric maps studying the horizontal irregularities within the ionosphere and their temporal dynamics. GPS network of the Institute of Geophysics, UNAM is used to measure a seismotectonic deformations, mainly in the seismically active areas along the Pacific coast of

Mexico. The network has 9 continuous GPS stations, and by the end of this year it will contain 14 stations. Adding other 14 continuous GPS stations of the INEGI the entire GPS coverage gives us an opportunity to build the maps of the ionosphere for all territory of Mexico.

The recent results of ionospheric studies demonstrated the existence of specific variations of electron concentration, which occurs several days/hours before the approaching earthquake over the future rupture area. This effect is a result of the electromagnetic coupling between the lower atmosphere and ionosphere. An anomalous electric field is generated at seismically active areas before strong earthquakes. It penetrates into the ionosphere and creates the irregularities of electron concentration there. These anomalous variations within the ionosphere were recorded by different radiophysical techniques, such as ground based vertical sounding, topside sounding, satellite-borne local probes, ionospheric tomography experiments and GPS TEC measurements. Very intensive ionospheric variations were detected by GPS TEC technique before the large Kobe earthquake in Japan and Chi-Chi earthquake at Taiwan. A preliminary analysis of GPS data demonstrated that the similar seismo-related variations in the ionosphere are observed too in Mexico. The analysis of the IGF UNAM GPS network data for previous years is carried out now. It reveals the main phenomenological characteristics of possible ionospheric precursors of earthquakes in Mexico. The first results of this processing are presented. A perspective for creation of continuous monitoring system, which would detect short-term precursors of strong earthquakes in Mexico is discussed.

RP-04

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO EN LA ZONA CONURBADA ZACATECAS-GUADALUPE: UN INSUMO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL

Escalona-Alcázar F.J.¹, Suárez-Plascencia C.², Pérez-Román A.M.³, Ortiz-Acevedo O.⁴, Bañuelos-Álvarez C.⁵, Nava de la Riva J.C.⁶ y Bañuelos-Quezada V.⁷

¹ Depto. de Ordenamiento Ecológico, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas, GODEZAC, Guadalupe, Zac.
E-mail: fescalona@hotmail.com

² Depto. de Geografía y Ordenación Territorial, CUCSH, Universidad de Guadalajara

³ Consejo Estatal de Seguridad Pública, GODEZAC

⁴ Unidad Académica de Agronomía, UAZ

⁵ Dirección de Informática, ITESM, Campus Zacatecas

⁶ Depto. de Impacto y Riesgo Ambiental. Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas, GODEZAC

⁷ Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas, GODEZAC

El crecimiento de las ciudades de Zacatecas y Guadalupe, principalmente en la zona conurbada, se ha dado de forma desordenada debido a que en los planes de desarrollo urbano no se considera la variable ambiental. La presión por el uso del territorio y la demanda de la población a ocupar nuevos

espacios en tiempo relativamente corto ha propiciado que el crecimiento de las ciudades sea en zonas que son susceptibles de ser afectadas por procesos geológicos que las pongan en riesgo. Una de las herramientas que permitirán orientar el crecimiento de las ciudades es el Ordenamiento Ecológico del Territorio, a través del mapa de riesgo.

En este trabajo se presentan los sitios que son potencialmente riesgosos de ser dañados por procesos geológicos. Las zonas de riesgo identificadas pueden ser afectadas por depósitos de talud, caída de bloques, formación de cárcavas y reptación del suelo.

El principal agente erosivo es el agua. En los sitios potenciales de riesgo se han identificado depósitos de talud, asociados o no con la formación de cárcavas. La altura de los depósitos varía de menos de 10 cm hasta poco más de 50 cm. Aunque los daños provocados a la fecha son mínimos, su formación implica un gasto para los Ayuntamientos municipales, toda vez que para limpiar los cauces y vados se requieren de dos a tres días de trabajo; y que, además, tienen que realizarse cada vez que llueve. Otro proceso que ocurre con la presencia de la lluvia es la caída de bloques que pueden ser de tamaño cercano a 1 m de diámetro; aunque este proceso es menos frecuente que los depósitos de talud. El desprendimiento de los bloques ocurre a lo largo de planos de foliación o fracturamiento.

En el registro geológico de la zona conurbada hay evidencias de que estos procesos se han dado con mayor intensidad en el pasado. Se cartografiaron depósitos de talud con clastos de más de medio metro de diámetro en depósitos cuyo espesor varía de 1 a 3 m. También se identificaron zonas potenciales de caída de bloques y sus productos, cuyas dimensiones pueden ser de hasta 4*3*3 m y encontrarse a distancias de hasta 300 m de su origen.

Se presenta el mapa de la zona conurbada Zacatecas-Guadalupe con la cartografía de las cuencas en donde existen depósitos de talud, las zonas de fracturamiento asociadas con la caída de bloques y los sitios en donde la formación de cárcavas es activa.

RP-05

CARACTERIZACION DEL PROCESO DE REMOCION EN MASA "EL CAMPESTRE", MORELIA, MICH.

Hernández-Madrigal Víctor Manuel¹, Garduño-Monroy Víctor Hugo² y Arreygue-Rocha Eleazar²

¹ Instituto de Geografía, UNAM

E-mail: vitorio_manuel@yahoo.it

² IIM, UMSNH

El proceso de remoción en masa denominado "El Campestre", es un cuerpo antiguo con una morfología bien definida asociada a la tipología de los deslizamientos rotacionales, con depósitos en cabeza y pie del cuerpo, de eventos posteriores en forma de coladas de detritos y lodos, así

como volteamientos y caídas de bloques de ignimbritas de más de 2m de diámetro. El escarpe principal así como la cabeza y cuerpo del deslizamiento constituyen una mesa de más de 9,000 m² (9Ha), que rompe con la geometría del escarpe de la falla geológica "La Paloma" de la ciudad de Morelia, sobre el cual se ha desarrollado.

Para la caracterización de este cuerpo, se han realizado estudios de geotecnia, geomorfología y geofísica, que permiten conocer la geometría del cuerpo, relación crecimiento urbano-cuerpo del deslizamiento, e identificar una serie de coladas de detritos provenientes de cotas superiores al escarpe de la falla geológica, con una energía cinética suficiente para realizar un recorrido de más de 280m. y depositarse al pie del deslizamiento, actual zona de crecimiento urbano.

La caracterización del deslizamiento del "Campestre", ha permitido definir un conjunto de factores geológicos, climatológicos y antrópicos, que comprometen la estabilidad aparente del cuerpo y ponen en riesgo una de las zonas urbanas de mayor plusvalía en el estado de Michoacán, finalmente se dan una serie de recomendaciones encaminadas a la prevención y mitigación de riesgos.

RP-06

EVALUACIÓN DEL GRADO DE RIESGO EN LADERAS DE LA DELEGACIÓN ÁLVARO OBREGÓN, MÉXICO, D.F.

Beatriz E. Melgarejo Reyes^{1,2}, Juan de Dios Rojas Carmona^{1,2} y Gerardo Ochoa Alfaro¹

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

E-mail: sinclair42@latinmail.com

² Coordinación de Protección Civil, Unidad Departamental Técnica, Álvaro Obregón, México D.F.

La conformación territorial, la problemática social y el acelerado crecimiento en el perímetro de la Delegación Álvaro Obregón en México D.F., hicieron necesaria la atención oportuna al las poblaciones vulnerables a los efectos de desastres naturales y antrópicos, y el diseño de programas, planes y proyectos adecuados a las situaciones particulares en esta demarcación.

A partir de este argumento es que se hace necesaria la organización de una entidad encargada de coordinar las acciones de prevención, mitigación y atención a la población civil en caso de desastre.

La Unidad Técnica de Protección Civil, es la responsable de brindar los servicios relacionados a la atención específica de evaluación de zonas del alto riesgo, cuyas características merecen un trato aparte, con un cuerpo compacto de profesionistas y estudiantes de la arquitectura, la ingeniería civil y la geología, que efectuará la valoración y el análisis de la problemática más aguda de esta demarcación: las laderas de barranca y la estabilidad de taludes.

Casi el 70% del territorio obregonense presenta una topografía accidentada que corresponde al piedemonte superior, donde predominan procesos fluviales erosivos intensos. El 30% restante lo forman abanicos aluviales, en lomeríos que corresponde al pie de monte inferior, caracterizado por procesos acumulativos activos.

La anterior se presenta como un conjunto estratificado a veces regular a irregular, lenticular, ligeramente inclinado, compuesto de los siguientes elementos litológicos (González, 1994):

- a) Horizontes de cenizas volcánicas de muy distintas granulometrías.
- b) Capas de erupciones pumíticas
- c) Lahares
- d) Ignimbritas
- e) Depósitos fluviales
- f) Suelos

Todos estos elementos, con excepción de los suelos, son producto de erupciones violentas por lo general por las chimeneas de grandes volcanes andesíticos estratificados y en su conjunto se les ha denominado, la bien conocida, Formación Tarango.

Debido a sus características geológicas, dicha Formación es potencialmente apta para desarrollar, los denominados Procesos en laderas (Tarbuck, 1999), entendiéndose por esto, los movimientos pendiente debajo de roca, regolito y suelo bajo la influencia directa de la gravedad. Diferenciados de los procesos erosivos porque los procesos en laderas no precisan un medio de transporte y es considerado de alto riesgo para la población civil.

La gravedad es la fuerza que controla los Procesos en Ladera, pero varios factores desempeñan un papel importante en cuanto a la superación de la inercia y desencadenamiento de movimientos descendentes. Entre estos factores se cuenta la saturación en aguas del material por fenómenos hidrometeorológicos, el exceso de inclinación de las pendientes, la eliminación de la vegetación fija, vibraciones de suelo debidas a terremotos y antropogénicos al desplantar viviendas bien resueltas o precarias, modificando la morfología natural del terreno. Al reunirse estos factores una ladera se coloca en alto riesgo y afecta directamente a personas, bienes y entorno.

La Unidad Técnica, evalúa el grado de riesgo que presenta una ladera con base en sus características físicas, geométricas y principalmente en las geológicas y geotécnicas.

Una ladera se analiza como un afloramiento partiendo de sus dimensiones, orientación, características estructurales y morfológicas. Litológicamente se describen, nombre de la roca depósito sedimentario, color, mineralogía, textura y estructura interna, rasgos principales (intemperismo, alteración etc.), características generales (resistencia, durabilidad, porosidad, densidad cualitativa, características y relación entre contactos).

Geotécnicamente, se describe la relación con las construcciones desplantadas en la zona, tipo, niveles, materiales de construcción, estructura interna y estabilidad.

Conjuntado todo lo anterior, y con base en las observaciones hechas al momento, se realiza un reporte "NOTA INFORMATIVA" donde se determina el grado de riesgo y se escriben además de las observaciones, una serie de recomendaciones y el procedimiento a seguir, para en su caso se realicen las acciones, obras, programas y proyectos, preventivos y/o correctivos, a fin de mitigar el riesgo existente. Teniendo como pilar, para lograr este fin, un estudio geológico preliminar y las características geológicas, descritas de la ladera.

Por lo anteriormente expuesto, concluimos que al momento, la evaluación del riesgo en laderas, por procesos gravitacionales y factores desencadenantes, determinado por la Unidad Departamental Técnica de Protección Civil de la Delg. Álvaro Obregón, se ha visto ampliamente favorecida al emplear para las herramientas que la geología emplea para su estudio. Pues acciones, simplifican el grado de comprensión entre los profesionistas de la problemática existente, obteniendo resultados apegados a la realidad, desarrollando de manera científica y técnica su capacidad creadora para resolver una situación de riesgo que afecta a una comunidad. Por lo que recomendamos, además de seguir empleando este método, buscar la manera de homogeneizar los términos empleados para la descripción de una ladera y por lo tanto se creen grupos multidisciplinarios, que desarrollen acciones y herramientas eficaces, para riesgo existente en pro de la salvaguarda de las personas, bienes y entorno.

RP-07

PELIGROS NATURALES ACELERADOS POR FENÓMENOS ANTROPÍCOS EN EL PIEDEMONTE ORIENTE DE LA SIERRA LA PRIMAVERA, ENTRE LOS DOMOS EL COLLI, LA CUESTA Y EL TAJO

E. Trejo-Gómez, M. Camarena-García, C. Suárez-Plascencia y Fco. Núñez-Cornú

Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, CUC, CUCSH, Universidad de Guadalajara

E-mail: liza@sisvoc.cuc.udg.mx

RESCO, Universidad de Colima

El acelerado crecimiento de la Área Metropolitana de Guadalajara conformada por los municipios de Zapopan, Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Tlajomulco de Zúñiga, desde la década de los 80's se ha reflejado en el nacimiento de asentamientos irregulares en áreas de peligro natural. Esta agresiva urbanización ha traído como consecuencia la alteración de la morfología, hidrografía etc., acelerando con estos los procesos naturales de degradación. La zona de estudio es el piedemonte de la porción Oriente de la Sierra la Primavera en el Municipio de Zapopan, localizada entre los Domos El Colli, La Cuesta y El Tajo, esta área se ha visto afectada por diferentes procesos antrópicos. Los objetivos de

esta investigación son: a) identificar los peligros naturales que existen en el piedemonte oriente, b) identificar las actividades antrópicas que han acelerado los procesos naturales de degradación, c) conocer la percepción de peligro que existe en la zona por parte de los habitantes, d) ubicar las viviendas que están en peligro. El piedemonte se ha estado conformando en los últimos 12,000 años, como resultado de procesos de acumulación de material lacustre, procesos de remoción de material tales como reptación, solifluxión, además del transporte de material por los diversos arroyos presentes en el área, con procesos de erosión como el solavamiento. Los procesos de remoción de material que se observan el piedemonte han sido acelerados por los constantes procesos antrópicos como son: a) Nivelaciones de la pendiente del terreno con la construcción de plataformas para carreteras, fraccionamientos, puentes; b) Extracción de material y posterior relleno con escombros y basura, c) Cortes a las estructuras para carreteras y fraccionamientos; d) Confinamiento del caudal de los arroyos en tuberías; e) Modificación de los cauces con plataformas y canales. Posteriormente se ha generado una acelerada urbanización. Para este estudio de identificación de zonas con procesos de remoción se realizaron varios modelos digitales de terreno con distintas clasificaciones del relieve (grados-pendiente) en el programa Idrisi, tomando como base los archivos digitales del INEGI. Con la interacción de estos modelados se ubicó en gabinete las áreas de peligro y áreas con procesos de remoción, posteriormente se realizaron visitas a campo donde se han comprobando dichas áreas de peligro. La presencia de asentamientos irregulares en el piedemonte y la falta de percepción de peligro por parte de quienes habitan estas áreas genera un ambiente de peligro. En los productos cartográficos se tienen identificadas áreas con procesos acelerados de remoción y las viviendas en áreas de riesgo.

RP-08

LOS DESLIZAMIENTOS DE TEZIUTLÁN, CRÓNICA GEOLÓGICA DEL DESASTRE A LA LUZ DEL PROYECTO PUEBLA-PANAMÁ

Luis Miguel Mitre-Salazar¹, Félix Ignacio Malpica-Sánchez² y Juventino Martínez-Reyes¹

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

E-mail: lmitre@geociencias.unam.mx

² Fundación Pro-Reconstrucción de Teziutlán, A.C.

El desastre ocurrido en los primeros días de octubre de 1999 en el Municipio de Teziutlán en el Estado de Puebla, causado por el deslizamiento de tierra luego de los efectos de las intensas lluvias, puso en evidencia como en el caso de la gran mayoría de los desastres en México por este tipo de fenómenos, mal llamados naturales, la fragilidad de los sistemas de prevención ante la presencia de fenómenos naturales perturbadores y reveló también la frágil situación del medio ambiente natural y urbano, que históricamente y de manera acumulativa ha sufrido un constante deterioro, producto de la dinámica social y económica y debido a la ausencia de una

política orientada y decidida a resolver las causas de fondo que han contribuido de manera determinante a acentuar el riesgo en Teziutlán

Teziutlán dentro del ámbito estatal es considerada como una ciudad media y el polo regional de desarrollo de la Sierra Norte de Puebla. Su principal actividad económica, a partir de finales de la década de los ochenta, ha sido la industria maquiladora. El proceso social que imprime este tipo de industria trae consigo toda una problemática particular: población flotante excesiva y densamente concentrada, incremento en la demanda de servicios urbanos, saturación de la infraestructura, ausencia de control en el uso del suelo, actividades que se desarrollan al margen de un plan rector de desarrollo y como consecuencia de todo lo anterior un fuerte impacto al medio físico natural y antropizado.

En el caso de Teziutlán, fue la presión social por la falta de vivienda y sobre todo de planeación la que originó el crecimiento desordenado que propició la construcción de nuevas áreas habitacionales, rellenando principalmente barrancas, y obviamente sin tomar en cuenta que las modificaciones realizadas merecían de la aplicación de técnicas específicas como la construcción de muros de contención, los cuales deberían haber sido diseñados con todas las especificaciones de seguridad previo análisis de las condiciones geológicas de cada uno de los sitios.

Éstas y otras características presentes antes y durante el desastre, desafortunadamente después de tres años prevalecen incrementando con ello la vulnerabilidad de la población y deteriorando aún más los ya bajos índices de calidad de vida.

En este trabajo se muestran algunos resultados sobre el análisis de los acontecimientos utilizando a la geología y demostrando con ello el papel importante que existe en la interacción de la sociedad con el medio natural a fin de evitar su degradación.

El resultado más valioso en el análisis mencionado es sin duda la elaboración de la cartografía del riesgo geológico por deslizamientos, instrumento básico para la prevención de futuros desastres y para la posible corrección de algunos problemas ambientales; adicionalmente este tipo de documento cartográfico puede ser de gran utilidad para el desarrollo de la capacidad socio organizativa, administrativa y comunitaria.

La aplicación de los principios geológicos, así como otras disciplinas afines, para mitigar y en su caso eliminar los efectos negativos desde la perspectiva ecológica, social y económica, puede sin lugar a dudas ayudar a aprovechar, conservar y diseñar espacios equilibrados en una forma más coherente y armónica con el desarrollo sustentable.

La divulgación de los resultados de este tipo de investigaciones aplicadas a la sociedad, permitirá desarrollar la comprensión en los ciudadanos cuales son las condiciones ambientales de su entorno natural, de sus procesos, de su

fragilidad y el grado de alteración que presenta, para que hagan propias las medidas tanto de protección civil como las de protección del medio natural, lo cual redundaría directamente en el mejoramiento de su calidad de vida; además de implementar los instrumentos de intervención necesarios para evitar o reducir a su mínima expresión los daños que se puedan presentar por fenómenos similares a los ocurridos en 1999, los cuales definitivamente están latentes.

Los resultados como los que se presentan en este trabajo, pueden servir de base para una discusión seria sobre las condiciones naturales que pueden y deberían limitar el crecimiento de Teziutlán, ante el posible inicio de megaproyectos económicos dentro del llamado Plan de Desarrollo Puebla-Panamá por parte del gobierno federal.

Los estudios geológicos realizados indican que de seguir las tendencias actuales de expansión de la mancha urbana y conurbada, se excedería la capacidad de carga del territorio para sostener a una población siempre creciente y demandante.

Por otra parte, los resultados que se han obtenido de este estudio deberán ser confrontados con las metas de los programas de desarrollo como el de Puebla-Panamá, proyectos que generalmente ofrecen por parte de sus impulsores alcanzar por medio de un ficticio desarrollo económico el progreso, y sin estar basados ni en lo más mínimo en el análisis de la oferta que el medio natural tiene para alcanzar sus metas, de lo contrario los resultados arrojarán como en muchos otros casos, una mayor desigualdad social acompañada de un mayor deterioro ambiental y de un incremento en la vulnerabilidad de la población y del medio ante la posible presencia de fenómenos naturales perturbadores.

RP-09

LOS FLUJOS DE ESCOMBROS DE MOTOZINTLA, CHIAPAS, OCURRIDOS EN SEPTIEMBRE DE 1998: ESTRATIGRAFÍA, GRANULOMETRÍA Y MECANISMOS DE EMPLAZAMIENTO

Caballero L.¹, Macías J.L.¹, Capra L.², Saucedo R.³ y Sánchez J.⁴

¹ Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: lizethcaballero@yahoo.com.mx

² Instituto de Geografía, UNAM

³ Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

⁴ CIEMAD, Instituto Politécnico Nacional

El poblado de Motozintla se localiza en el sureste del estado de Chiapas, en una depresión topográfica donde convergen los cauces de los ríos Xelajú Grande, La Mina y Allende. En septiembre de 1998, las tormentas tropicales "Earl" y Javier", entraron al territorio mexicano, provocando intensas lluvias que trajeron como consecuencia, la formación de varios flujos de escombros a lo largo de estos ríos que sepultaron a una parte considerable de la población causando la muerte de 12 personas, 18 desaparecidos y grandes daños materiales.

Con base en el estudio estratigráfico realizado, se encontraron tres depósitos (XG, LM y AI) producidos por el evento de 1998, que cubrieron un área aproximada de 3.15 km² y cuyo volumen total de sedimentos fue de 4,379,420 m³. Estos depósitos fueron clasificados como flujos de escombros no-cohesivos, cuyo mecanismo de emplazamiento fue debido al fenómeno de crecimiento gradual. Su comportamiento dinámico estuvo controlado principalmente por la pendiente y por la intersección del río Xelajú Grande o cauce principal, con los ríos La Mina y Allende.

Las características de la zona, como sus pendientes abruptas, deforestación, intemperismo de las rocas y el alto grado de fracturamiento y deformación provocado por el desplazamiento del sistema de fallas Motagua-Polochic, hacen de Motozintla, una zona ideal para la generación de estos fenómenos. Esto fue confirmado en el registro estratigráfico que indica que fenómenos de igual o mayor magnitud han ocurrido al menos en tres ocasiones durante los últimos 100 años, con una recurrencia de 30 a 40 años. Por lo tanto, Motozintla es una zona muy vulnerable ante este tipo de fenómenos, por lo que es necesario hacer un estudio más detallado de los depósitos de flujos de escombros antiguos en la zona, para elaborar mapas de peligro y de riesgo.

RP-10

UN ALGORITMO LÓGICO MATEMÁTICO, PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD GEOMORFOLÓGICA AMBIENTAL EN LAS UNIDADES TERRITORIALES DEL RELIEVE

Mario Guerra Oliva¹ y Martín Díaz Viera^{1,2}

¹ Instituto de Geofísica y Astronomía, CITMA, La Habana, Cuba
E-mail: mdiaz@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Depto. Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM

Se propone un método alternativo de cálculo y análisis geomorfológico ambiental, pragmático semicuantitativo basado en técnicas de lógica matemática booleana-bivalente, en particular, las tablas de verdad, las matrices especiales o de incidencias y componentes principales, permite: 1- Reconstruir la historia morfodinámica, 2- Cartografiar los escenarios de peligros, 3- Calcular la probabilidad natural de ocurrencia de estos peligros y 4- Identificar las unidades geomorfológicas con distintos grados de vulnerabilidad geomorfológica ambiental, en las diferentes unidades territoriales geomorfológicas ambientales. El resultado obtenido facilita la elaboración de mapas geomorfológicos-morfométricos de escenarios de peligros, de la vulnerabilidad ambiental natural del relieve y permite identificar los procesos antecedentes (causas de la formación del relieve) y los procesos actuales que modifican al sistema geomorfológico.

RP-11

SINERGIAS ANTRÓPICO-NATURALES EN LA CONFORMACIÓN DE AMENAZAS "NATURALES" EN EL ANÁLISIS DE SITUACIONES DE RIESGO-DESASTRE

Jorge Dehays¹, Alejandro D'Luna² y Carlos Enríquez²

¹ Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales

E-mail: fde@ine.gob.mx

² Instituto Nacional de Ecología

Esta investigación tiene por objetivo determinar la relación entre los principales tipos de peligros naturales con la acción humana, tanto como un factor detonante, que puede inducir o incrementar la velocidad; como consecuente (procesos de vulnerabilidad ante los fenómenos y desastres), y enmarcados en la construcción de metodologías para el ordenamiento ecológico del territorio a diferentes escalas.

Al hablar de la planeación del territorio es necesario que se tome en cuenta la importancia de los estudios relacionados con los riesgos, pues no se debe olvidar que hay elementos naturales externos que modifican las condiciones naturales del territorio así como a la sociedad, provocando un cambio de las expectativas de la población. En la mayoría de las veces la planeación de las actividades productivas del hombre o en la instalación de centros urbanos e infraestructura que se crea para éstos, no se toma en cuenta el grado de peligrosidad y vulnerabilidad a los que están expuestos por la ocurrencia de algún fenómeno perturbador.

Los peligros naturales, que incluyen los geológicos (vulcanismo, fallamientos activos, sismicidad), geomorfológicos (remoción en masa, hundimientos) y los hidrometeorológicos, se ven asociados con frecuencia creciente a la ocurrencia de desastres de gran magnitud en todo el planeta, principalmente en los países subdesarrollados. La mayor importancia que tienen las catástrofes en la actualidad, por el volumen de daños que representan, tanto en cuanto a las vidas humanas que cobran como a sus costos económicos derivados, obliga a analizar con mucho detenimiento la configuración del riesgo en general y de riesgos específicos, prerequisites para la ocurrencia de desastres. Las amenazas o peligros naturales son un componente o factor básico para el entendimiento de los desastres. Cada vez resulta más evidente que la sociedad, a través de prácticas, uso, manejo y explotación de recursos naturales provoca una modificación del comportamiento de los mencionados fenómenos y de la forma en la que impactan a los grupos humanos.

Concluimos que algunos fenómenos geológicos y geomorfológicos que poseen una capacidad para producir daño, son transformados, modificados, potenciados, recreados y renovados de su forma original -estrictamente natural- por las acciones humanas expresadas en prácticas sobre el medio ambiente, uso y manejo de los recursos naturales, etc.

RP-12

MAPA DE AMENAZA DEL VOLCÁN CONCEPCIÓN, NICARAGUA: II. CAÍDA DE TEFRAS Y FLUJOS PIROCLÁSTICOS

Delgado Granados H.¹, Navarro Collado M.² y Farraz Montes I.A.¹

¹ Depto. de Vulcanología, Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: hugo@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Dirección de Vulcanología, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

Este trabajo muestra un mapa donde se contemplan los posibles alcances por caída de tefras durante eventos explosivos en el volcán Concepción, así como la distribución y posible alcance de flujos piroclásticos. Se realizó investigación documental, trabajo de campo, integración de datos de viento y simulaciones por computadora para la construcción de escenarios eruptivos calibrados con los datos de campo y observaciones.

La investigación documental muestra la ocurrencia de 21 eventos explosivos desde 1883 con magnitudes diversas: freáticas, estrombolianas y subplinianas. Las nubes de cenizas asociadas viajaron en direcciones 180°-270° llegando a más de 30 km de distancia del cráter. Las poblaciones más afectadas por la lluvia de piroclastos durante esos eventos fueron Moyogalpa, Chontales y Los Angeles dentro de la Isla de Ometepe (donde se encuentra el volcán Concepción) y en la otra ribera del Lago de Nicaragua, Rivas y Belén. La estratigrafía de los depósitos de caída parece estar influenciada por los patrones de viento regionales también, pues los depósitos de tefra dominan el sector W. En épocas recientes no se han emitido magmas dacíticos, por ello se espera que los eventos explosivos futuros sean similares a los recientes (de carácter estromboliano a vulcaniano) que produzcan materiales de composición basáltico-andesítico. De acuerdo con trabajos previos, los espesores máximos esperados en Moyogalpa serían de 50 cm. Habitantes de la región de Rivas comentan que las cenizas han llegado a precipitarse en la zona y tal vez unas decenas de kilómetros más al oeste-suroeste para un total de cerca de 100 km de área de influencia. Con el fin de conocer mejor las áreas de influencia de las nubes de cenizas del volcán Concepción se realizó un análisis de los patrones de viento utilizando los datos meteorológicos disponibles, por mes y por año, para diferentes altitudes. Volcanes como el Concepción llevan a cabo su actividad eruptiva explosiva, no solamente a partir del conducto central, sino además, a partir de conductos o fisuras laterales. Los trabajos de campo y la cartografía geológica muestran que se pueden desarrollar nuevos conos cineríticos en zonas cercanas a lineamientos norte-sur en los sectores norte y sur del volcán Concepción.

De acuerdo con la información disponible y tomando en cuenta las observaciones de campo, la producción de flujos piroclásticos (de bloques y cenizas) es uno de los escenarios de menor probabilidad de ocurrir debido a que no existen

depósitos relacionados o bien, se han observado en contadas ocasiones en el pasado. El 20 de marzo de 1957 los flujos piroclásticos viajaron a 15 km/hr y alcanzaron 3 km desde la cima, los pobladores de Moyogalpa y San José del Sur tuvieron que abandonar la isla. Se realizaron una serie de simulaciones utilizando el programa Flow3D que permite tener una idea de los posibles alcances de flujos piroclásticos de bloques y cenizas (los más probables de ocurrir) pero también se considera el escenario del eventual colapso de una columna subpliniana. Observaciones de campo muestran que la ocurrencia de oleadas piroclásticas es posible, a pesar de que en tiempos históricos no se hayan presentado eventos de este tipo. La existencia de estructuras tipo maar como El Mogote, permiten reconocer la posibilidad de que en el futuro se lleven a cabo eventos explosivos en los bordes norte y sur de la isla con el Lago de Nicaragua, donde se llevarían a cabo este tipo de eventos.

RP-13

MAPA DE AMENAZA DEL VOLCÁN CONCEPCIÓN, NICARAGUA: III. FLUJOS LAHÁRICOS Y COLAPSO ESTRUCTURAL

Delgado Granados H.¹, Navarro Collado M.² y Farraz Montes I.A.¹

¹ Depto. de Vulcanología, Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: hugo@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Dirección de Vulcanología, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

Este mapa contempla eventos laháricos cuya ocurrencia se ha dado en el pasado, así como fenómenos volcánicos como el colapso estructural que, sin existir un antecedente geológico previo para el volcán Concepción (p. Ej. depósitos de avalancha de escombros), su ocurrencia hipotética se anticipa en función de antecedentes geológicos de campo (datos estructurales por ejemplo).

Para la evaluación del peligro por ocurrencia de lahares, se realizó investigación documental, trabajo de campo e integración de simulaciones de eventos laháricos realizados por Schilling *et al.* (2001). La investigación documental y entrevistas con pobladores de la Isla de Ometepe, donde se encuentra el volcán Concepción, permitieron reconocer eventos desde 1921, algunos de los cuales causaron pérdidas humanas y materiales de importancia. Las entrevistas permitieron identificar escorrentías donde se verifican flujos de escombros e hiperconcentrados, aparentemente de menor importancia por el volumen de los depósitos, pero que representan una amenaza a la integridad de las personas y sus pertenencias. Los trabajos de campo permitieron reconocer depósitos de flujos de escombros e hiperconcentrados mayores que permitieron registrar los alcances de este tipo de fenómenos y sus volúmenes. Los depósitos laháricos forman grandes abanicos aluviales en el rompimiento de la pendiente y algunos se han movido por pequeños cauces de arroyo y casi han alcanzado los límites del lago. Las simulaciones llevadas a cabo

previamente por Schilling et al. (2002) fueron simplificadas y modificadas de acuerdo con los datos de campo para formar tres escenarios posibles de alcance máximo para flujos laháricos. Las zonas más proclives a ser dañadas por la ocurrencia de lahares son, en el norte: San Marcos, Concepción y La Flor, mientras que en el sur, es San Juan.

El volcán Concepción podría sufrir un colapso estructural a partir del sector W debido a un posible proceso de expansión en el volcán (Wyck van de Vries, 1993), aunque en este trabajo no se presume la inminencia de este tipo de eventos en el volcán. El campo de esfuerzos en la región del volcán (indicado por fallamiento normal, diques y alineamiento de volcanes orientados N-S son consistentes con fallamiento transcurrente dextral NW) sugiere que también el sector oriental puede colapsarse en el futuro. En caso de colapso estructural del volcán, tsunamis podrían afectar las riberas del Lago de Nicaragua.

RP-14

LA ACTIVIDAD ERUPTIVA DEL VOLCÁN DE FUEGO DE COLIMA Y LA REUBICACIÓN DE POBLACIONES EN ZONAS DE ALTO RIESGO VOLCÁNICO. EL CASO DE "LA YERBABUENA"

Mauricio Bretón González y Carlos Navarro O.
Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima, México
E-mail: mauri@cgc.icol.mx

La actividad registrada en el volcán de Fuego de Colima durante la fase eruptiva 2001-2002, obligó a la reubicación de la población de La Yerbabuena, situada en las faldas del volcán y asentada sobre un depósito de flujo piroclástico producto de la actividad pliniana de 1913. Los primeros indicios de actividad aparecieron en el mes de mayo de 2001, cuando fue detectado un levantamiento en el fondo del cráter (criptodomo). Para octubre de 2001, brotó en esa misma zona una espina de lava que alcanzó una altura aproximada de 30 metros sobre el fondo del cráter. Poco después esta espina se derrumbó debido al empuje de un nuevo domo de lava. Este domo creció a una tasa baja (0.05-1.0m³/s) pero constante durante enero y febrero de 2002, hasta rellenar el cráter. El 4 de febrero el domo rebasó el cráter por el labio SW del volcán y empezó a formar un flujo de lava. Con el inicio de los derrumbes, las autoridades de Protección Civil del Estado de Colima decidieron evacuar la población de La Yerbabuena, localizada a 8 kilómetros al Suroeste de la cima del volcán, por lo que cerca de 200 personas fueron evacuadas de manera preventiva del 5 al 11 de febrero. A partir del 9 de marzo se originaron flujos calientes de ceniza sobre los flancos Sur, Suroeste y Oeste del cono volcánico. El número e intensidad de los derrumbes y flujos piroclásticos rápidamente se incrementó y desde el 15 de febrero hasta el mes de abril de 2002 se registraron diariamente entre 200 y 300 eventos que alcanzaron distancias de entre 1 y 3 kilómetros desde el cráter.

A partir del 10 de mayo la sismicidad se incrementó con la presencia de periodos largos de tremor de hasta 24 horas, cuyas frecuencias dominantes oscilaron en el rango de 1, 1.5 y 2 Hz. La presencia de tremor con estas características no había sido registrada en toda la historia del monitoreo de este volcán. También se observaron eventos tipo explosivo, desgasificaciones, derrumbes y deformación del edificio volcánico. Ante tal situación, el 18 de mayo fue evacuada nuevamente la población de La Yerbabuena, decretándose además un radio de restricción de actividades de 11.5 kilómetros a partir de la cima. Ante la posibilidad de un evento de mayores características, y con base en el trabajo realizado desde 1997, las autoridades determinaron la reubicación definitiva de las 220 personas que integran la población de La Yerbabuena hacia una zona de mayor seguridad.

RP-15

ERUPCIONES HOLOCENICAS DE TIPO PLINIANO DEL VOLCAN CITLALTEPETL, MEXICO ORIENTAL

Andrea Rossotti y Gerardo Carrasco-Núñez
Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.
E-mail: andrea.rossotti@geociencias.unam.mx

El Volcán Citlaltépetl es un volcán activo actualmente en reposo que se caracteriza por tener largos períodos de quietud volcánica. Sin embargo, durante el Holoceno varias erupciones de tipo pliniano ocurrieron, causando una amplia dispersión de los productos piroclásticos en sus alrededores. En particular, la erupción que dió lugar a la Ignimbrita Citlaltépetl (Carrasco-Núñez y Rose, 1995) hace 8500-9000 años, produjo un depósito de caída, el cual se encuentra intercalado entre unidades de flujo ignimbrítico hace aproximadamente 8660 años.

El estudio detallado de estas erupciones está basado en la construcción de mas de un centenar de secciones estratigráficas y en diferentes métodos de correlación tefracronológicas que incluyen la caracterización física, morfológica, textural, granulométrica, petrográfica, química etc. de sus productos. La conjunción de todas estas técnicas, soportadas por determinaciones de radiocarbono (14C) permiten establecer una secuencia tefracronológica que servirá para una reconstrucción paleoeruptiva del volcanismo explosivo más reciente asociado al volcán Citlaltépetl. Hasta el momento se puede proponer de manera preliminar que la dirección de los vientos prevalentes durante la erupción era del NW y que, al parecer, ocurrieron varias explosiones de tipo freático o freatomagmático durante la formación de la columna eruptiva. Los resultados de este estudio tendrán una aplicación directa en la reevaluación de los peligros volcánicos que representa la actividad del volcán Citlaltépetl.

RP-16

ESTUDIO DE INUNDACIONES REPENTINAS DE UNA CUENCA URBANA EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO

Alejandra Montijo Gonzalez, José Ismael Minjarez Sosa, Alberto Villa Terán y Francisco Javier Grijalva Noriega
 Depto. de Geología, Universidad de Sonora
 E-mail: amontijo@marina.geologia.uson.mx

La ocurrencia frecuente de fenómenos naturales, que ocasionan grandes desastres en la población y su infraestructura, en los últimos años en México, ha generado la intensificación de su estudio, tanto en sus origen como sus consecuencias.

En la Universidad de Sonora por medio del Laboratorio de Sensoria Remota del Departamento de Geología, se han desarrollado proyectos de investigación de desastres naturales en el Estado de Sonora mediante la Utilización de los Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos.

El Estado de Sonora, y en especial la Ciudad de Hermosillo, esta propenso a riesgos provocado por fenómenos naturales de naturaleza contrastante: por un lado una intensa sequía, de ya varias décadas de duración, y por otro lado de inundaciones provocadas por lluvias repentinas.

La Ciudad de Hermosillo ha a experimentado un rápido crecimiento de sus áreas urbanas. Pero este incremento desafortunadamente se ha dado sin respetar el drenaje natural y topografía del lugar, por lo que ha traído consigo que cada vez mas frecuentemente se presenten inundaciones repentinas o flashfloods, provocadas por lluvias torrenciales.

Lo anterior se agrava por un inadecuado o insuficiente sistema de drenaje pluvial; por una mala planeación urbana; así como una falta de información técnica suficiente, provocando con esto que el grado de vulnerabilidad de los habitantes y la infraestructura aumente.

En este trabajo se presenta el estudio de peligros de inundación repentina de una cuenca urbana en la Ciudad de Hermosillo, Sonora, provocadas por lluvias de diferentes periodos de retorno.

Este análisis se realizó mediante la utilización del software HEC-RAS y ARC VIEW, obteniéndose mapas de peligro de inundación para cada uno de os períodos de retorno considerados.

RP-17

CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS GEOLÓGICOS, SOCIO-ECONÓMICOS Y FACTORES DETONANTES QUE PUEDEN LLEVAR AL DESARROLLO DE DESASTRES EN LA SUBCUENCA DEL RÍO APULCO, SIERRA NORTE DE PUEBLA

Castillo-Román José, Mayorga Rapozzo Raúl, Nolasco Valencia J. Vicente y Ruíz Sarmiento Miguel A.
 Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales, BUAP
 E-mail: jocaroman@hotmail.com

La zona de estudio se ubica en la vertiente septentrional de la Sierre Madre Oriental en el estado de Puebla y comprende la subcuenca del río Apulco que forma parte de la cuenca hidrológica del río Tecolutla. La zona se caracteriza por su complejidad fisiográfica, geológica, topográfica, climatológica y social.

En Junio y Septiembre ocurrieron dos sismos de magnitud 6.9 y 7.4, dentro de un radio de 200 km, estos fueron sentidos con gran intensidad en algunas localidades del extremo sureste de la zona de estudio, así como también a principios del mes de Octubre de 1999 el área fué severamente impactada por las lluvias extraordinarias provocadas por la interacción del frente frío No. 5 con la depresión tropical No. 11. Estos fenómenos geológicos e hidrometeorológicos en combinación con aspectos sociales provocaron el desastre cuyos daños ascendieron a 1,836.597 millones de pesos en infraestructura dañada, 256 decesos y 47 desaparecidos así como también daños en 65,673 ha de cultivo.

En este trabajo presentamos un enfoque metodológico integral para caracterizar los principales elementos geológicos, socio-económicos, e identificar los principales factores detonantes que originaron el desastre de Octubre de 1999 en la Sierra Norte de Puebla. Los resultados preliminares alcanzados hasta ahora, muestran que la interacción entre las tres provincias geológicas y fisiográficas que se han identificado en el área, proporcionan condiciones favorables para originar diferentes tipos de deslizamientos, bajo la acción de precipitaciones extremas que en combinación con los elementos sociales tales como alta marginalidad y la pobreza extrema, falta de ejecución de programas de desarrollo en la zona, así como, la falta de conocimiento del fenómeno por parte de las autoridades, proporcionan las condiciones necesarias para que se repita nuevamente el ambiente de desastre.

RP-18

PROBLEMAS DE SUBSIDENCIA EN CIUDAD NEZAHUALCOYOTL, ESTADO DE MEXICO

Martín Carlos Vidal García, Héctor Luis Macías González y
Alberto Arias Paz
División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de
Ingeniería, UNAM
E-mail: martincarlosv@yahoo.com.mx

Durante el año 2000 en el municipio de Ciudad Nezahualcoyotl se presentaron hundimientos diferenciales; situación que propició una investigación por parte del Departamento de Geohidrología con el fin de determinar el origen de las causas y consecuencias que lo futuro pudieran ocasionar.

Para tener una visión de las diferentes unidades estratigráficas que presenta el subsuelo se realizó una sección geológica de aproximadamente 11 kilómetros de longitud; en la cual se hizo una correlación con la siguiente información: dos perforaciones realizadas en el municipio, un sondeo ubicado en las cercanías del bordo de Xochiaca, descripción del corte litológico del pozo 1 Bis perteneciente a la batería de pozos del ramal Peñon-Textcoco y una perforación en los terrenos de la ENEP Aragón.

En la descripción obtenida en los primeros 189 metros de la secuencia lacustre se determinaron las características geológicas de cinco unidades; tres de las cuales son unidades arcillosas plásticas con alto contenido de agua variando de 147% a 303%, lo cual las hace altamente deformables y en consecuencia presentan poca resistencia al corte y las dos restantes están constituidas por arenas y limo cementados con poco carbonato de calcio, éstas se caracterizan por ser compactas y rígidas; desempeñando un papel importante en las cimentaciones profundas, ya que para muchas estructuras civiles sirve de apoyo de sus pilotes.

La extracción de agua en el subsuelo del municipio ha producido además del fenómeno anterior, la compactación de los estratos permeables y su consecuente compactación en superficie. Ambos fenómenos han provocado la subsidencia en el terreno, que medida en los pozos de agua potable del municipio ha resultado hasta de veinte centímetros por año en promedio, un claro indicador de la presencia de este fenómeno, es la surgencia de tramos de ademe de pozos sobre el nivel del terreno, por lo que el Organismo que administra el agua potable en el municipio se ve en la necesidad de recortar periódicamente los excedentes de tubería.

RP-19

DETECCIÓN DE CAVIDADES EN LA COLONIA PRADOS LA PROVIDENCIA, MEDIANTE MEDICIONES POLO-DIPOLO E INVERSION EN 2-D POR MEDIO DE CICRES

Ricardo G. Antonio Carpio, David Camargo Guzmán y Marco
A. Pérez Flores
Depto. Geofísica Aplicada, CICESE
E-mail: rantonio@cicese.mx

En la actualidad muchas colonias al poniente de la Ciudad de México se encuentran ubicadas sobre antiguas minas de material de construcción, situación que pone en peligro a los habitantes de esa zona. Es importante alertar a las autoridades respectivas de los daños que se pueden ocasionar si dejamos pasar más tiempo.

El presente trabajo tuvo como objetivo localizar dichas cavidades mediante mediciones de resistividad de corriente directa. Para tal caso, se hicieron 8 líneas de polo-dipolo y 26 sondeos eléctricos verticales. Una vez concluidas las mediciones se hicieron las interpretaciones de los SEVs mediante técnicas en 1-D y las líneas polo-dipolo mediante inspección de las pseudo-secciones respectivas. Con tales resultados se sugirieron 22 sitios de riesgo para su perforación y se obtuvo éxito en 12 de ellas. Los mismos datos han sido re-procesados por medio de técnicas de inversión en 2-D mediante el programa CICRES y se contrastan los antiguos y nuevos resultados.

RP-20

EFFECTOS DEL HURACÁN JULIETTE (2001) EN TRES LOCALIDADES DEL SUR DE LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA

Enrique H. Nava-Sánchez¹, Janette M. Murillo-Jiménez¹, Lucio Godínez-Orta¹ y Paulino Rojo-Gracia²
¹ Depto. de Oceanología, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, La Paz, B.C.S.
E-mail: enava@ipn.mx

² Depto. de Geología Marina, UABCS, La Paz, B.C.S.

Cada año la porción sur de la península es afectada por algunos de los ciclones que se desarrollan en el Pacífico Mexicano, en cualquiera de sus formas, tanto a manera de depresiones tropicales, como en forma de huracanes en sus diversas categorías. De acuerdo con los registros de precipitación y vientos, el Huracán Juliette ha sido el más fuerte del último siglo, el cual alcanzó la categoría 4 y produjo una precipitación durante su paso por la parte sur de la península de más de 1000 mm (en las montañas) y un viento máximo de más 200 km/h. A pesar de que ocasionó pérdidas materiales cuantiosas y de que hubo dos muertes, los daños ocasionados fueron menores de los que han ocasionados estos fenómenos en ocasiones pasadas, gracias a una infraestructura construida para minimizar los efectos de ciclones y al trabajo de CNAPRED y del Gobierno del Estado.

Nuestro estudio presenta resultados sobre el análisis de los efectos producidos por el Huracán Juliette en tres localidades de Baja California Sur: Cabo San Lucas, San José del Cabo y La Paz, las cuales presentan características geográficas, geológicas y urbanas distintas. Las tres localidades están relacionadas estrechamente a descargas fluviales importantes (abanicos aluviales), con diferentes niveles de energía, por lo que San Lucas fue la localidad mas dañada, ya que se formaron flujos de escombros en cauces sin control artificial y derribaron y asolvieron construcciones. La Paz fue la localidad menos dañada; pues tiene una descarga fluvial controlada mediante un presa y un cauce controlado por bordos artificiales. En San José del Cabo la afectación a construcciones por los flujos de escombros fue mínima, sin embargo afectó de manera importante el paisaje. Por otra parte, las tres áreas estudiadas son costeras, sujetas a ser afectadas por procesos marinos, de los cuales el mas importante fue el oleaje. Cabo San Lucas fue la más afectada, ya que el oleaje atacó con mayor energía la punta de la península y en la Bahía de San Lucas existen obras civiles construidas directamente sobre el sistema de playas. Tanto en San Lucas como en San José del Cabo algunas playas presentaron una erosión de aproximadamente 13 a 15 m, quedando en algunas playas, el basamento pleistocénico expuesto. El efecto del oleaje sobre La Paz fue mínimo, pues esta ubicada en una área protegida (Bahía de La Paz), sin embargo algunas zonas bajas fueron afectadas por inundación fluvial y marina.

RP-21

LOCALIZADAS AL SUR DE LA CIUDAD DE ZACATECAS Y SU INTERACCIÓN CON PELIGROS POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

Suárez-Plascencia C. y Escalona-Alcazar F.
 Depto. de Geografía y Ordenación Territorial, Universidad de Guadalajara
 E-mail: csuarez@cencar.udg.mx

La ciudad de Zacatecas se localiza en un valle intermontano en la parte media de la Sierra de Zacatecas, la que drena la totalidad de sus escurrimientos en el Arroyo de la Plata, el que tiene una orientación poniente a oriente y desemboca en la Presa del Pedernalillo a una distancia aproximada de diez km. La zona de estudio se forma por tres microcuencas con orientación sur-norte, cuyas cabeceras se localizan en la margen norte del Cerro La Virgen a una altura de 2720 msnm y la más baja a 2360 msnm, esta diferencia de alturas presenta un gradiente general en la sección alta del 6% y en la sección media y baja del 18%.

La secuencia estratigráfica en la base está formada por el informalmente denominado Conglomerado Rojo de Zacatecas, este está cubierto por depósitos piroclásticos que presentan diferentes grados de soldamiento, así como derrames riolíticos y raros vitrófidos de perlita. La secuencia presenta fallamiento en dirección preferente NW y NE. En la margen norte del Cerro

la Virgen, en donde son comunes la presencia de diaclasas en la secuencia volcánica, lo que favorece los procesos de caída de bloques.

Geomorfológicamente las tres microcuencas presentan cuatro unidades bien definidas, que son: 1) Zona de cima Semiplana, 2) Escarpe, 3) Rampa y 4) Arroyo.

Gran porcentaje de las cuatro unidades presentan una cubierta vegetal degradada, lo que junto con la urbanización acelerada que ha presentado la ciudad de Zacatecas en el último lustro, ha generado procesos de remoción en masa y caída de rocas que hasta el momento han afectado solo la unidad de rampa y la sección del arroyo de la Plata. De continuar este crecimiento anárquico sobre la margen norte del Cerro de la Virgen, en un futuro inmediato la zona podrá presentar un incremento en la cantidad y volumen de materiales removidos, los cuales afectarán los desarrollos urbanos y equipamiento asentados sobre la zona de Rampa de la vertiente.

RP-22 CARTEL

DESASTRES PRODUCIDOS POR DEBRIS FLOWS

Guillermo Cardoso Landa
 Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Facultad de Ingeniería,
 Universidad Autónoma de Guerrero
 E-mail: guillermocardozo@prodigy.net.mx

Los desastres producidos por fenómenos de la Naturaleza afectan a los seres humanos y los ecosistemas en donde éstos se presentan, siendo uno de ellos el flujo de agua con altas concentraciones de sedimentos (flujos hiperconcentrados) que arrastran sólidos de diferentes magnitudes y características así como materiales diversos que encuentran en su trayectoria, llamados flujos de escombros o "debris flows" a nivel mundial.

La importancia del estudio de estos eventos ha sido propuesta en diferentes foros desarrollados en la década de los noventa, tales como las Campañas Mundiales de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres (EIRD), con sede en Ginebra, Suiza.

Se presentan en este artículo algunos de los desastres mas importantes en diversas regiones del mundo generados por los flujos de escombros y sus repercusiones en daños y pérdida de vidas humanas, así como los avances en la prevención de este tipo de desastres propuestos por organismos internacionales.

RP-23 CARTEL

GEOMORFOLOGÍA APLICADA A LAS OPERACIONES DE PREVENCIÓN Y COMBATE DE INCENDIOS FORESTALES

Juan de Dios Rojas Carmona, Ma. de la Paz Hernández Rivero
y Adán Castro Flores

Depto. de Geología y Geotecnia, Facultad de Ingeniería, UNAM
E-mail: sinclair42@latinmail.com

Si todos los fenómenos que afectaron y afectan a la Tierra, son los mismos que percibimos y estudiamos hoy en día, presentes en mayor o menor medida, entonces por que limitarnos en pensar que estos son aislados y no merecen ser caracterizados y analizados como un solo conjunto de eventos interrelacionados.

Al hablar de todos los fenómenos no hacemos referencia exclusiva a los procesos geológicos que nos ocupan, sino también aquellos que en un momento determinado e imprevisto están dispuestos a cambiar la historia evolutiva de una región.

Considerando esta idea, es como se analizó un fenómeno perturbador y una de las condiciones que lo modifican. Si bien, en un principio se podría pensar que estos no tienen ninguna relación, se demostrará que están alternativamente conectados.

Un incendio forestal es un fenómeno perturbador, que ocasiona daños ecológicos, climáticos, geomorfológicos, edafológicos, económicos y sociales, producido por dos importantes acciones, causado por la naturaleza o producido por el hombre, que puede avanzar sin ningún control, cuando no se consideran todas las condiciones que lo modifican.

Desde épocas muy remotas, -prácticamente cuando surgieron las primeras plantas en las partes continentales de la Tierra, durante el periodo Silúrico, hace aproximadamente 400 m.a.-, han sucedido incendios forestales. En las formaciones geológicas pleistocénicas (no más de 70 m.a.) se han descubierto madera con vestigios de incendio, los cuales se producían de manera natural, por descargas eléctricas (relámpagos) o erupciones volcánicas; y su comportamiento era claramente modificado por las condiciones del terreno donde se desarrollaban, asimismo se extinguían de otra manera natural: al llegar a barreras como ríos, lagos y acantilados.

Los incendios forestales son un gran problema para el país, ya que además de la pérdida de la riqueza natural y económica, causan severos daños a la reserva biótica y a los medio ambientes. Además de los daños ecológicos directos que la combustión de la madera produce.

Los efectos ecológicos de la quema de bosques son graves: disminución de la porosidad del suelo, descenso en la infiltración de las aguas, incremento variable de la erosión de los suelos, incremento de la temperatura en capas superiores del suelo y en corrientes de lagos, mortalidad de la microfauna,

desplazamiento físico de la fauna, extinción de especies y contaminación del aire por los subproductos de la contaminación entre otros.

Debido a estas consideraciones, se ampliará sobre las relaciones, existentes entre un incendio forestal y uno de los más importantes factores que influyen sobre él, la Geomorfología del terreno donde este lleva a cabo su acción destructiva.

Las formas del relieve que son afectadas por un incendio forestal pueden por si mismas cambiar su tipo, extensión, forma y grado de riesgo, unificadas a otros factores que incluso también pueden ser regidos por la Geomorfología, hablamos entonces de los atmosféricos, climáticos y combustibles presentes.

Los factores geomorfológicos más importantes analizados comprenden:

La altitud o elevación, la cual influye en la precipitación y en la desecación de una zona influyendo también en la distribución y adaptabilidad las especies arbóreas.

Laderas, de las cuales podemos distinguir una configuración por tercios, encontrando que en el tercio inferior se localizan las temperaturas altas y es donde generalmente se cuenta con una mayor cantidad de combustible vegetal y por lo tanto más capacidad de arder, en el tercio medio identificamos que se tiende a disminuir la temperatura y la densidad del combustible con relación al tercio inferior. Sin embargo diferenciamos que en este sector es donde se presenta la formación del cinturón térmico, los cuales ocurren durante la noche elevando la temperatura y disminuyendo la humedad, es decir es potencialmente incendiario. El tercio superior se caracteriza por que la velocidad de propagación se reduce debido a que disminuye la acumulación de combustible. Sin embargo es de mucho cuidado donde ocurren cambios bruscos del viento, pues este tercio es distribuidor eficaz del fuego.

Exposición, referimos a la orientación de una ladera con respecto al sol. Este aspecto es de gran importancia ya que nos determina la cantidad de calor que va a recibir del sol y la condición de los combustibles que están presentes. Identificando que las laderas del sur y del sudeste están más directamente al sol, generalmente tienen combustibles más ligeros y poco falsos, las temperaturas son más altas, hay poca humedad en el aire y en los combustibles. Colocando estas laderas en crisis al comienzo y al esparcimiento del incendio.

Configuración del relieve, del cual sus forman influyen enormemente en los regímenes de viento y microclima. Por ejemplo, encontramos que la transferencia de calor de una ladera a otra es común en valles estrechos, el precalentamiento ocurre más rápido y se presenta una posible condición explosiva.

Se analizó que la pendiente, siendo la inclinación de la superficie terrestre, es además la característica más importante que afecta el comportamiento del fuego. Su efecto se caracteriza por la influencia que ejerce en desarrollo de la columna de convección y por el hecho de que mientras más inclinado se presenta el terreno, mayores son las posibilidades para que se establezcan un contacto directo entre las llamas y copas de los árboles.

Contorno de la región, se examinó que en los valles estrechos y otras características ásperas y escarpadas del relieve pueden causar efectos peligrosos en el comportamiento del fuego.

Barreras naturales, aquellos obstáculos naturales que limitan que el fuego avance. Las barreras incluyen ríos, lagos, lagunas, procesos en laderas, desprendimiento de algunos combustibles, que debido a su contenido de humedad u otras características no queman tan bien como otros de la misma área.

Para realizar estos estudios retomamos el uso de las herramientas que la geomorfología aprovecha para su estudio, dentro de las cuales el análisis de mapas, fue de suma importancia, empleando y elaborando mapas hipsométricos, mapas de formas del relieve, análisis de pendientes, isotermas y análisis de puntos de vulnerabilidad. Permitiendo al personal que dirige las operaciones de prevención y combate de incendios información, comprensión y orientación del terreno en todas sus características.

Por lo anteriormente expuesto concluimos que la prevención y combate de incendios forestales, se verán ampliamente favorecidos cuando se aprovechen prolijamente los métodos que la geomorfología aplica al conocimiento de un terreno y su relieve. Ya que estos conocimientos proporcionan: una visión general del sitio afectado, un análisis de los puntos considerablemente vulnerables, exploración y restricción del área al aplicar las operaciones de prevención, control y combate; la caracterización y desarrollo del incendio forestal e incluso los efectos del siniestro a la evolución geológica de la región afectada, en pro de la salvaguarda de las personas los bienes y el entorno.

CONCLUSIONES

1. Las herramientas empleadas para el estudio de la geomorfología, favorecen el incremento y mejoramiento de las operaciones de prevención, control y combate de incendios forestales, pues estos conocimientos proporcionan: una visión general del sitio afectado, un análisis de los puntos considerablemente vulnerables, exploración y restricción del área al aplicar las operaciones de prevención, control y combate; la caracterización y desarrollo del incendio forestal e incluso los efectos del siniestro a la evolución ecológica y geológica de la región afectada.

2. La geomorfología de un terreno influye considerablemente en la configuración, propagación y grado de peligrosidad de un incendio forestal, pues las formas del relieve son capaces de determinar su capacidad destructora, por que debemos retocar el uso de las herramientas que la geomorfología aprovecha para su estudio, dentro de las cuales el análisis de mapas, es de suma importancia, empleando y elaborando mapas hipsométricos, mapas de formas del relieve, análisis de pendientes, isotermas y análisis de puntos de vulnerabilidad. Permitimos al personal que dirige las operaciones de prevención y combate de incendios información, comprensión y orientación del terreno en todas sus características.

3. Un incendio forestal por si solo es capaz de modificar la evolución ecológica y geológica de una región pues su acción provoca disminución de la porosidad del suelo, descenso en la infiltración de las aguas, incremento variable de la erosión de los suelos, incremento de la temperatura en capas superiores del suelo y en corrientes de lagos, aceleramiento de los procesos en laderas, mortalidad de la microfauna, desplazamiento físico de la fauna, extinción de especies y contaminación del aire por los subproductos de la contaminación entre otros.

4. Se necesita crear grupos de estudio multidisciplinarios, que incrementen la cultura de protección civil, capaces de estudiar, analizar y mitigar situaciones de alto riesgo, ante un agente perturbador ya sea de índole natural y antropogénico, de acorde un proyecto específico a las dimensiones geométricas, espaciales y características de una región, en pro de la salvaguarda de las personas los bienes y el entorno.

RP-24 CARTEL

METODOLOGÍA PARA LA ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRENO COSTERO ANTE LA OCURRENCIA DE HURACANES. EL CASO DEL HURACÁN ROXANA EN LA COSTA DE SABANCUY, CAMPECHE, MEXICO

Álvaro Gerardo Palacio Aponte
Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, EPOMEX
E-mail: gpalacio@mail.uacam.mx

El huracán Roxana como fenómeno hidrometeorológico extraordinario en la zona costera de Campeche causó daños sin precedentes en la estructura y funcionamiento de los paisajes naturales. Esta situación poco común, requirió la evaluación de los efectos destructivos ocasionados por el huracán, mediante una comparación histórica y cartográfica de eventos similares, con el objetivo de generar escenarios de prevención a mediano plazo.

El conjunto de efectos destructivos y su relación con las unidades del paisajes permiten hacer una zonificación de susceptibilidad, basada en un modelo elaborado a partir de la siguiente ecuación conceptual: $R = f(S) + f(V)$; donde $R =$

Riesgo, S = Susceptibilidad del terreno y V = Vulnerabilidad. De ésta, se extrae el concepto de susceptibilidad, que analiza la distribución espacial de las condiciones naturales del terreno que predisponen la capacidad del paisaje para amortiguar o magnificar la incidencia directa del fenómeno en la zona costera. En el marco de este concepto se identifican criterios específicos de evaluación y representación espacial, para las condiciones naturales antes y después del Roxana, al igual que de otros huracanes de alta intensidad. Las variables más significativas a considerar en la evaluación son ponderadas por pesos específicos correlacionados en una matriz, la cual es traducida a un mapa síntesis de grados de susceptibilidad. Para el desarrollo del modelo espacial, se integraron mapas y datos georeferenciados a la base de datos de un Sistema de Información Geográfica (SIG) traduciendo las variables ponderadas a operaciones espaciales en formatos raster. Los mapas de las condiciones previas fueron elaborados a partir de la información cartográfica y de imágenes Landsat TM disponibles, y los mapas de las condiciones posteriores al evento fueron obtenidos de imágenes de videografía y de observaciones directas en campo. La selección y ponderación de variables se basa también en los registros históricos sistemáticos reportados por expertos de diversas disciplinas que han registrado los efectos de los huracanes en ambientes acumulativos de plataformas continentales someras del Golfo de México y ambientes cársticos de la plataforma Yucateca y Mar Caribe.

RP-25 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS EN 220 ESTACIONES DE SERVICIO EN CUATRO ENTIDADES DE LA REPÚBLICA

Ávalos Lozano J.A., Manzo Andrade S., Ramírez Jiménez R. y Vargas Silva F.J.
CIIDIR, IPN, Michoacán
E-mail: smanzoa@hotmail.com

Los resultados del presente trabajo corresponden a la caracterización, diagnóstico y evaluación línea básica de riesgo de 220 sitios contaminados con hidrocarburos, situados en el Distrito Federal, el Estado de México, Michoacán y Guerrero. Las caracterizaciones fueron realizadas bajo el marco metodológico de las "Investigaciones de Restauración/Estudios de Factibilidad" (IR/EF) adaptado a las condiciones de México. Se define como "Plan de restauración" al conjunto de acciones aplicadas a un sitio contaminado con residuos peligrosos, para eliminar, controlar o minimizar los riesgos provocados por los contaminantes en función de un ambiente específico. Incluye cuando sea procedente: evaluación preliminar, plan de caracterización, caracterización y diagnóstico, evaluación línea básica de riesgo, definición técnica de métodos aplicables, propuesta de restauración y programa calendarizado de actividades, y restauración.

Se probaron y aterrizaron un conjunto de metodologías utilizadas internacionalmente, generando métodos de alto costo-beneficio, adaptados a la realidad mexicana:

- Procedimientos de caracterización de sitios.
- Procedimientos de manejo de muestras.
- Procedimientos de selección de COCS.
- Procedimientos de determinación de peligros.
- Procedimientos de determinación de la exposición.
- Procedimiento de evaluación cuantitativa de riesgos.
- Procedimientos de determinación de límites de limpieza.
- Procedimientos de selección de tecnologías de restauración.

RP-26 CARTEL

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADO AL RIESGO VOLCANICO

José Armando Téllez Alatorre, Julio Barreto Caro y Manuel Celis
Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima
E-mail: armando@cgc.icol.mx

El volcán de fuego de Colima ubicado entre los estados de Jalisco y Colima ha presentado una actividad continua sin considerar aun el riesgo social y económico que implicaría para la región una erupción violenta.

Integrar un Sistema de Información Geográfica (SIG) con el programa Arc View 3.1 en la zona de riesgo volcánico donde se incluyan una base de datos completa de los principales sistemas de monitoreo volcánico, relieve, curvas de nivel, mapa de pendientes, principales escurrimientos, población en zona de riesgo, mapa de peligros volcánicos, precipitación, clima, modelo digital de elevación, geología, tipo de suelo. Todo esto se va conjuntar para dar seguimiento a un análisis multivariado del riesgo volcánico aun cuando el volcán no se encuentre en erupción.

Todo esto nos va servir para dar mecanismos de respuesta mas rápida y precisa de lo que esta ocurriendo en la zona de riesgo volcánico, como la presencia de lahares, explosión, caída de ceniza, además de la gran ventaja de poder modificar zonas de afectación e ir cambiando nuestros rangos de exclusión para la población.

RP-27 CARTEL

**GEOLOGIA DE LA CIUDAD DE XALAPA, SUS
APLICACIONES A LA CONSTRUCCION DE MAPAS DE
PELIGROS GEOLOGICOS Y ZONIFICACION
GEOTECNICA USANDO SISTEMAS DE INFORMACION
GEOGRAFICA**

Sergio R. Rodríguez¹⁻², Adriana Galván G.³, José Luis Murrieta H.²⁻⁴, David Gómez L.²⁻⁴, Omar López V.²⁻⁴ y Francisco Xavier Hernández H.²⁻⁴

¹ Instituto de Geología, UNAM

E-mail: srre@servidor.unam.mx

² Centro de Ciencias de la Tierra, UV

³ Servicio Geológico Metropolitano

⁴ Facultad de Ingeniería Civil, UV.

La ciudad de Xalapa (1450 m.s.n.m.) se localiza en la parte oriental de la Faja Volcánica Trans Mexicana (FVTM), entre el flanco oriental del volcán Cofre de Perote (4250 m.s.n.m.) y la Planicie Costera del Golfo. La red hidrológica del área se distribuye en dos cuencas principales: la del río Sedeño al norte, perteneciente a la cuenca del río Actopan; y la del río Pixquiac al sur, que drena hacia el río de Los Pescados.

El relieve de Xalapa y sus alrededores consiste de lomeríos suaves y planicies irregulares inclinadas predominantemente hacia el este y sureste, disectados por drenajes fluviales que tienden a formar patrones de tipo radial a nivel local y paralelo a nivel regional. La geomorfología está controlada por la distribución de depósitos piroclásticos y epiclásticos de carácter arcilloso (blandos a semiduros), coladas de lava y cuerpos intrusivos (duros), así como lineamientos estructurales como fallas y fracturas.

Dentro de la zona urbana de Xalapa se cuentan cuatro centros eruptivos de origen monogenético: dos al occidente (cerros Colorado y La Estopa), uno en la parte central (cerro Macuiltépetl), y uno hacia el sur (cerro Las Margaritas), el cual es posible que esté asociado con actividad de tipo fisural. Estos volcanes han depositado material piroclástico y lavas que junto con una intensa actividad erosiva, han modelado la morfología local. La edad estimada de este vulcanismo es del Pleistoceno superior, y su composición química es basáltica calcialcalina a ligeramente alcalina.

A nivel regional los principales rasgos estructurales tienen dos orientaciones predominantes, una NW-SE que se manifiesta en escarpes pronunciados y tiende a formar altos y bajos en forma paralela, y otra NE-SW (más reciente) que se manifiesta en profundas barrancas y el alineamiento de conos monogenéticos de escoria.

La actividad sísmica regional es considerada de baja intensidad; sin embargo, hay reportes de temblores locales, como es el caso del sismo de 1920, el cual fue de alta intensidad debido a la cercanía del epicentro.

En este trabajo se presenta un avance del proyecto de integración de datos geológicos (características de los materiales), topografía (pendiente del terreno), distribución de la red hidrológica, y rasgos estructurales, con el objetivo de elaborar mapas de peligros geológicos para la ciudad de Xalapa.

Los peligros considerados pueden agruparse en cuatro clases: 1) deslizamiento rápido de laderas inestables, 2) deslizamiento lento de taludes (asentamientos), ambos en material piroclástico y epiclástico limo-arcilloso, 3) hundimientos por la existencia de tubos de lava y cavernas en derrames de lava, y 4) zonas inundables (cauces y zonas bajas). También se hace una correlación entre las zonas de la ciudad dañadas en el sismo de 1920 y las características geológicas de esas zonas. Considerando el crecimiento de la mancha urbana hasta la actualidad, se proponen algunas nuevas áreas que podrían sufrir daños si un sismo similar se repitiera. Combinando todos estos factores se obtienen zonas de alto, mediano y bajo peligro.

Mediante la ubicación e interpretación de sondeos de mecánica de suelos y datos geológicos someros y superficiales, se presenta un mapa geotécnico preliminar. Este consiste de tres zonas principales: zona dura, zona semidura y zona blanda, según sean las características del material.

La utilidad de la información que se presenta tiene que reflejarse en una mayor seguridad para los habitantes de Xalapa y sus alrededores, así como una fuente de consulta obligada para la definición de planes de crecimiento urbano y características estructurales de las construcciones civiles.

Debido al carácter cambiante y dinámico de los aspectos considerados, el uso de Sistemas de Información Geográfica permite una constante actualización de la información, mediante la adquisición y procesamiento de nuevos datos.

RP-28 CARTEL

**PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL ESTADO DE
VERACRUZ: ALGUNOS CASOS RELEVANTES**

Sergio R. Rodríguez¹⁻³, José Luis Murrieta H.²⁻³, Ignacio Mora G.³ y David Gómez L.²⁻³

¹ Instituto de Geología, UNAM

E-mail: srre@servidor.unam.mx

² Facultad de Ingeniería Civil, UV

³ Centro de Ciencias de la Tierra, UV

Durante los últimos diez años, se le ha dado seguimiento a una serie de eventos geológicos que en mayor o menor grado han representado, y en muchos casos siguen representando, un factor de peligro para los habitantes de las zonas afectadas.

La gran diversidad geológica que presenta el estado de Veracruz, aunada a la vulnerabilidad existente ante fenómenos meteorológicos, generan problemas tales como: deslizamientos de terreno, flujos de lodo, contaminación de acuíferos y algunos otros relacionados con la extracción de hidrocarburos.

Los casos presentados se ubican en las zonas norte, centro y sur del estado.

En la zona norte del estado (Tlachichilco, Francisco I. Madero, Papantla) predominan los deslizamientos de terreno asociados con rocas sedimentarias (alternancias de lutitas y areniscas), así como la ocurrencia de flujos de lodo asociados con precipitación extraordinaria durante la temporada de lluvias, entre estos se distinguen, por su gran poder destructivo, los deslizamientos en masa y flujos de lodo ocurridos en octubre de 1999 (Poza Rica, Papantla, Tecolutla, Gutiérrez Zamora, Nautla, etc.).

Un caso especial es el relacionado con la formación del Cráter Chinampal, dentro de una región de intensa actividad de extracción de hidrocarburos (Naranjos-Cerro Azul). La reinyección del agua residual producto de la extracción de hidrocarburos, provocó un desequilibrio en las condiciones de presión de yacimientos someros de gas, este incremento de presión provocó una explosión que formó un cráter de aproximadamente 100 m de diámetro por 50 m de profundidad, el cual se llenó de agua con alto contenido de sales disueltas. Aunque no hubo víctimas que lamentar, su cercanía a la población de Naranjos (aprox. 2 km) generó un clima de tensión entre los pobladores.

En la zona centro del estado, en donde los materiales geológicos son mayoritariamente de origen volcánico escasamente consolidados, abundan los deslizamientos en masa de terreno, esto es debido principalmente a que las pendientes pronunciadas, la abundancia de agua, y la mano del hombre, han generado taludes inestables que representan serios peligros a las poblaciones asentadas a lo largo de los cauces y valles (Xalapa, Coatepec y sus alrededores, Alto Lucero, Puente nacional, etc.).

Un caso especial es la contaminación de las aguas del Río Blanco como resultado de las descargas de desechos industriales y municipales. Estas descargas, aunadas a las condiciones de karsticidad de las rocas calcáreas de la zona, han sido la causa para que los acuíferos de esta región se contaminen (Omealca). Igualmente asociado con la topografía kárstica, se da la ocurrencia de hundimientos de terreno, los cuales afectan a congregaciones de la zona (Xuchiles).

En la zona sur del estado, la geología incluye tanto rocas y materiales de origen volcánico (Los Tuxtlas), como rocas sedimentarias (Coatzacoalcos-Minatitlán), en esta región las precipitaciones pluviales son abundantes y tienden a producir deslizamientos en masa.

En este trabajo se presentan las características más relevantes de algunos fenómenos geológicos que han afectado a zonas pobladas en años recientes. Sin embargo, forma parte de un proyecto de integración de una base de datos geológicos del estado de Veracruz, la cual incluye la realización de una cartografía básica que permita su aplicación en la elaboración de mapas de peligro.

RP-29 CARTEL

ZONIFICACIÓN DE PELIGRO POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA CON BASE EN EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO MULTIVARIADO CONDICIONAL. EL EJEMPLO DE TEZIUTLÁN, EDO. DE PUEBLA

Norma Dávila-Hernández¹ y Capra Lucia²

¹ Facultad de Filosofía y Letras, UNAM

E-mail: momis74@hotmail.com

² Instituto de Geografía, UNAM

El análisis estadístico Multivariado Condicional (AEMC) es un método estadístico que permite establecer la relación probabilística entre el número de factores naturales que pueden favorecer la inestabilidad y la ocurrencia o distribución de los procesos de ladera en una región determinada. En particular, el AEMC se basa sobre la clasificación de cada factor natural (i.e morfológico, geológico, sedimentológico) con respecto a la distribución de las áreas afectadas por procesos de ladera. Combinando estos mapas clasificados se obtienen densidades de frecuencia, o sea probabilidad de que un movimiento de ladera pueda ocurrir. Para poder llevar a cabo este procedimiento se utiliza un Sistema de Información Geográfica (ILWIS) por medio del cual se construyen mapas temáticos ligado a tablas con parámetros específicos (por cada factor natural reconocido) que se combinan para obtener la densidad de deslizamiento por el área considerada.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos para la barranca del Río Calvario en el poblado de Teziutlán (Puebla) en donde se registraron doscientos muertos como consecuencia de los numerosos procesos de remoción en masa que en el mes de Octubre de 1999 afectaron la Sierra Norte de Puebla.

Para este caso específico se construyeron mapas temáticos de pendientes, densidad del drenaje, forma, orientación, distancia de drenaje, geología, sedimentología de los horizontes volcánicos. Cada mapa fue cruzado con el mapa de distribución de los deslizamientos (obtenido a partir de fotografías aéreas a escala 1:2,000 tomada después del evento catastrófico de 1999) para obtener un valor de densidad de ocurrencia. Finalmente, con base en las densidades obtenidas por cada factor natural se obtuvo un mapa de susceptibilidad tomando en cuenta los factores naturales que resultaron ser los más importantes en favorecer los movimientos de ladera, como la geología, la pendiente y la distancia del drenaje.

Desde el mapa se puede observar que las áreas de mayor susceptibilidad corresponden con las zonas de barrancos en donde afloran secuencias de paleosuelos volcánicos con pendientes entre los 28° y los 45°.

RP-30 CARTEL

EVALUACIÓN LA INESTABILIDAD DEL SECTOR ORIENTAL DE LA CORDILLERA VOLCÁNICA PICO DE ORIZABA-COFRE DE PEROTE, Y ELABORACIÓN DEL MAPA DE PELIGROS DEL SECTOR ORIENTAL DE LA CORDILLERA (MODELACIÓN DIGITAL Y SIMULACIÓN NUMÉRICA)

Díaz-Castellón Rodolfo y Carrasco-Núñez Gerardo
Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.
E-mail: rdiaz@geociencias.unam.mx

La cordillera PO-CP, compuesta (de Norte a Sur) por los volcánes Cofre de Perote complejo La Gloria (Cerro Desconocido al Norte y Cerro Tecomales al Sur), Campo Volcánico Las Cumbres y volcán Pico de Orizaba, es una importante barrera fisiográfica que separa al Altiplano central con una altura promedio de 2,300 m.s.n.m., de la planicie costera del Golfo que inicia con una altitud de aproximadamente 1,200 m.s.n.m., ocasionando una contrastante diferencia de relieve. Consecuentemente, las pendientes hacia el sector Oriental son mucho mayores que hacia el sector Occidental, lo que en parte podría explicar porque todos los deslizamientos hasta ahora documentados se presentan en la dirección Oriental. Entre los colapsos más importantes que se han documentado están: La avalancha Xico, el flujo sismogénico de 1920, la avalancha Las Cumbres, la avalancha Jamapa, el lahar Teteltzingo, y la avalancha Metlac.

Dadas las características morfológicas de la cordillera, y tomando en consideración, que el flujo de 1920 se produjo hace menos de cien años, se puede suponer que la cordillera es actualmente inestable en varias de sus partes.

Para la elaboración del mapa de peligros de la cordillera se llevó a cabo una evaluación de todos los parámetros de inestabilidad que podrían ocasionar el colapso de cualquiera de las estructuras que conforman estos volcanes, las características del basamento sedimentario, el cual se inclina hacia la costa del Golfo, si se considera que los esfuerzos menores se encuentran en la misma dirección hacia donde se inclina el basamento, los esfuerzos deben ser liberados en esa dirección. El patrón estructural, la morfología de la cordillera (pendientes máximas), aunados a mecanismos de disparo tales como precipitación excesiva, y/o sismos, pueden generar superficies susceptibles de movimiento de materiales en varios sectores de la cadena volcánica.

Para llevar a cabo la modelación se utilizó metodología GIS (Geographic Information Systems), y se elaboró un modelo de elevación digital, se extrajeron secciones en corte de drenajes, los cuales fueron seleccionados de acuerdo a las características de inestabilidad de la zona. Posteriormente a la elaboración de las secciones digitales, se calculó el alcance máximo de cada uno de los colapsos probables de ocurrir considerando tres casos distintos (Máximo, Medio y Mínimo) utilizando una versión recompilada del código Flow-2D, la cual

fue adaptada para trabajar bajo ambiente windows y poder manejar volúmenes muy grandes de datos, especialmente aquellos obtenidos por modelos digitales.

Por último, se realizó una evaluación para flujos piroclásticos del Volcán Pico de Orizaba utilizando el mismo código (Flow-2D), con esto, se tiene una perspectiva general de los peligros de toda la cordillera volcánica del lado del sector Oriental.

RP-31 CARTEL

MAPA DE AMENAZA DEL VOLCÁN CONCEPCIÓN, PROYECTILES BALÍSTICOS Y FLUJOS DE LAVA

Delgado Granados H.¹, Navarro Collado M.², Farraz Montes I.A.¹ y Alatorre Ibargüengoitia M.A.¹

¹ Depto. de Vulcanología, Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: hugo@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Dirección de Vulcanología, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

El objetivo de este trabajo fue elaborar en mapa de amenazas volcánicas para proyectiles balísticos y flujos de lava

Flujos de Lava

El mayor riesgo relacionado a flujos de lava es el daño parcial o destrucción total por enterramiento, trituración o incendio, de todo lo que éstas encuentran a su paso. Los flujos relativamente grandes probablemente pueden cubrir áreas de algunos cientos de kilómetros cuadrados. La mayoría de los flujos se mueven lentamente permitiendo que la gente pueda moverse fácilmente y colocarse fuera de su alcance. El mayor número de eventos eruptivos en el volcán Concepción es el de flujos de lava de composición basáltica a andesítica.

Con base en los trabajos de campo realizados y tomando en cuenta los mapas geológicos generados, se pueden identificar las zonas más probables de origen de un flujo de lava. No obstante, las lavas pueden en su momento, ser emitidas en forma radial al cono, proceso que ha hecho crecer al volcán desde sus inicios. Los alcances de las lavas son variables, pero con mayor frecuencia se detienen alrededor de la altitud 200-300 m, aunque los flujos de lava más voluminosos llegan hasta el lago.

Balísticos

El alcance de los proyectiles balísticos depende de la magnitud de la explosión que les dio origen, aunque difícilmente tienen un alcance superior a 10 km. Sin embargo, éstos representan un peligro para la vida y las propiedades por la fuerza de impacto con la que caen y por sus elevadas temperaturas. El peligro de impacto por grandes fragmentos es máximo cerca del cráter y decrece al incrementarse la distancia desde el mismo. Las velocidades típicas de impacto van desde 300 hasta 500 km/hr.

El mapa presenta las áreas máximas aproximadas que pueden ser alcanzadas por los proyectiles balísticos lanzados por el volcán Concepción de acuerdo a diferentes escenarios explosivos que están basados en parámetros de energía observados en erupciones de otros volcanes. Para cada escenario se consideró el ángulo de máximo alcance, el diámetro con el cual los balísticos tienen un mayor alcance y un viento favorable de 20 m/s para todas las direcciones, además de la topografía del volcán. Para el caso de erupciones en conos secundarios se consideró el escenario de peligrosidad alta y las condiciones de máximo alcance. El mayor alcance obtenido considerando un viento favorable de 20 m/s es de 1.9 km y sin viento es de 1.6 km.

Sesión

Sedimentología y Estratigrafía

Jueves 7

SALA B

SEDIMENTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA

SED-01

ESTUDIO DE LOS SEDIMENTOS LAMINADOS DE LA CUENCA ALFONSO, GOLFO DE CALIFORNIA: SU RELACIÓN CON EL RÉGIMEN PLUVIAL

Pérez-Cruz Ligia¹ y Adolfo Molina-Cruz²¹ Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: ligiapc@imp.mx

² Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

Los sedimentos laminados marinos representan un importante registro geológico de alta resolución de gran utilidad en estudios paleoceanográficos y paleoclimáticos, debido a que registran la variabilidad climática de periodos cortos. El concepto de sedimentos laminados ha sido utilizado recientemente para referirse a la alternancia de laminas claras y oscuras que pueden representar periodos desde 6 meses hasta 7 años.

En este estudio se analizaron los sedimentos laminados del núcleo BAP96CP colectado en la Cuenca Alfonso, Golfo de California, con el propósito de determinar su origen y ciclicidad, considerando las variaciones climáticas y oceanográficas regionales.

La preservación de sedimentos laminados en la Cuenca se debe a las condiciones de hipoxia ($O_2 < 0.2$ ml/l) en las aguas de fondo, resultado de una termoclina bien definida, la cual inhibe la mezcla entre las capas superficiales y las capas subyacentes y la presencia de un umbral batimétrico, el cual bloquea el flujo de las aguas del Golfo de California hacia la Cuenca. Prácticamente no están bioturbados.

Dentro de la cuenca, las láminas oscuras están dominadas por material terrígeno, mientras que en las láminas claras el aporte biogénico es más evidente. La concentración relativa del aporte de sedimentos terrígenos es mucho mayor que el aporte de biogénicos y se asume que a lo largo del núcleo la alternancia de láminas representa ciclos, los cuales en gran medida representan la dilución del aporte biogénico por el aporte terrígeno. La entrada de terrígenos está regulada principalmente por el aporte pluvial, de tal manera que su fluctuación temporal sigue los periodos que exhibe este régimen pluvial, particularmente se observan periodos de 11.2 años. Esto coincide con los algunos de los ciclos solares observados.

Por lo tanto se puede decir que los sedimentos laminados de la Cuenca Alfonso apoyan las hipótesis de la influencia de la actividad solar en el clima de la Tierra.

SED-02

LA FORMACIÓN LOS PARGOS, TIMBABICHI, BAJA CALIFORNIA SUR: UN DEPÓSITO DE AGUAS PROFUNDAS DEL MESOZÓICO

Tobias Schwennicke¹, Elvia Plata Hernández¹, Patricia Hernández Bernal² y Arnulfo Díaz Puebla²¹ Depto. de Geología Marina, UABCS, La Paz, B.C.S.

E-mail: tobias@uabcs.mx

² Subgerencia de Operación Geológica, PEMEX, Villahermosa, Tab.

Aproximadamente 2 km al NE del poblado de Timbabichi, ubicado en la costa del Golfo de California, aflora una sucesión de rocas sedimentarias fuertemente basculadas. El espesor aflorante es de 153 m. Otros pequeños afloramientos existen en Punta Prieta (Punta San Telmo) y en islotes frente a Timbabichi. El objetivo del presente estudio es definir estos estratos como nueva unidad estratigráfica.

La Formación Los Pargos está formada por capas predominantemente delgadas (5 a 20 cm) y paralelas de fangolitas parcialmente calcáreas o silíceas, areniscas calcáreas o silíceas, y calizas. Las capas de fangolitas son de color oscuro. Contienen en cantidades variables microfósiles calcáreos, en su mayor parte mal preservados. En toda la roca se observan microfracturas rellenas por calcita. Las calizas, de color claro, son abundantes en la parte inferior y superior de la secuencia. Algunas calizas contienen dispersos granos terrígenos tamaño arena o restos de material siliciclástico fino, indicando que las calizas se formaron por reemplazamiento. Las areniscas son de color rojizo. Predominan granos de cuarzo y feldespato que por lo menos en parte son de origen volcánico. La matriz es silicificada o la roca muestra reemplazamiento por calcita. Muchas capas exhiben una base erosiva y gradación interna.

Nuestro estudio revela que toda la unidad muestra un reemplazamiento por calcita, variando de incipiente a un reemplazamiento casi total o total. Además, algunas rocas son silicificadas. Los procesos de reemplazamiento probablemente están relacionados con diques máficos que atraviesan la Formación Los Pargos y la intrusión de un cuerpo granítico aflorante en Punta Botella. La ritmicidad de las capas, compuestas originalmente por fangolitas con intercalaciones de areniscas y grauvacas, sugiere un ambiente tranquilo profundo, interrumpido esporádicamente por eventos de alta energía (flujos de turbidez).

La unidad contiene algunos fósiles índice como *Globuligerina cf. oxfordiana*, *Nannoconus sp.* y *Saccocoma arachnoidea*, indicando una edad de Jurásico Superior hasta posiblemente Cretácico muy temprano. Además, los diques que atraviesan a la formación, son parecidos a un cuerpo traquítico aflorante al S de Timbabichi, fechado en 97.4 ± 2.5 Ma.

La Formación Los Pargos representa el primer reporte de rocas sedimentarias mesozóicas en el lado este de la península de Baja California. El manto La Olvidada en Baja California,

compuesto por metasedimentos superficialmente parecidos e interpretados como depósito de flysch en una cuenca de antearco, es más joven (Cretácico medio). Es posible que la Formación Los Pargos represente un depósito más antiguo en la misma cuenca.

SED-03

RHIZOLITOS EN LAS DUNAS COSTERAS DEL EDO. DE VERACRUZ: GÉNESIS, EDAD Y SIGNIFICADO GEOLÓGICO

Víctor M. Malpica Cruz

Depto. de Geología Regional, Instituto de Geología, UNAM
E-mail: vmmc@servidor.unam.mx

Los rhizolitos son definidos como estructuras organo-sedimentarias, resultantes de raíces de plantas o restos de éstas, reemplazadas por materia mineral (petrificación). Son característicos de zonas de sedimentación terrígena con abundancia de carbonatos, en ambientes eólicos costeros cuaternarios de algunas zonas en el mundo. En las dunas localizadas entre Punta Delgada y Punta de Chachalacas en el Estado de Veracruz, se encuentran rhizolitos en diferentes estratos de las dunas y en estratos lagunares que sirven de base al desarrollo de éstas dunas.

Se identificaron cuatro tipos de rhizolitos: 1) moldes de raíces, que presentan vacíos tabulares que corresponden a raíces y tallos caídos; 2) raíces con relleno de cemento en que se presenta la raíz o molde de la misma; 3) raíces tabulares, las cuales son cilindros de cemento alrededor de los moldes de la raíz y 4) rasgos anatómicos de raíces, tallos y ramas de plantas, bien conservados, por que la materia orgánica fue reemplazada totalmente por calcita magnesia.

El proceso sedimentario que explica el mecanismo de petrificación de éstos rhizolitos, es debido a una diagénesis temprana que se lleva a cabo en un medio vadoso que favorece la circulación de agua y que facilita la precipitación de CaCO_3 de origen orgánico e inorgánico. La precipitación de carbonatos a partir de medios orgánicos se debe a líquenes, algas y bacterias que juegan un papel importante en la diagénesis de rocas o raíces y plantas en zona vadosa.

Se hicieron dataciones radiométricas a rhizolitos de dos áreas, las cuales dieron edades de $20,000 \pm 1,100$ años, que puede corresponder a una etapa regresiva del mar ligada a la gran glaciación cuyo máximo glaciar fue hace 18,000 años, y la otra edad fue de $13,000 \pm 850$ años, que puede indicar el inicio de la glaciación de hace 10,000 años y por lo tanto el inicio de una etapa regresiva del mar. Con éstos resultados se presenta una reconstrucción de los antiguos ambientes sedimentarios así como la evolución geológica del área.

SED-04

ORIGEN Y EDAD DE LOS SEDIMENTOS CONTINENTALES EN EL VALLE DE JAUMAVE, TAMAULIPAS

José Jorge Aranda-Gómez¹, Oscar Carranza Castañeda¹, James F. Luhr² and Todd B. Housh³

¹ Centro de Geociencias, UNAM

E-mail: jjag@servidor.unam.mx

² Smithsonian Institution

³ University of Texas at Austin

Las mesas de Llera de Canales (Tamaulipas) están cubiertas por derrames extensos de lava máfica alcalina. Las lavas provienen de volcanes ubicados en el frente de la Sierra Madre Oriental (SMO). Datos radiométricos preliminares (Ar-Ar) indican que su edad es Plioceno temprano (~5 Ma). Por su localización, justo en donde el río Guayalejo abandona a la SMO, suponemos que las lavas obstruyeron al río y formaron una cuenca fluvio-lacustre. Aguas arriba de Llera está el extenso (~500 km²) valle intermontano de Jaumave con forma burdamente triangular. La altura mínima del valle sobre el nivel del mar (560 m) es menor que la altura máxima de la meseta de lava (580 m) ubicada al N de Llera, por lo que se planteó la hipótesis de un sistema fluvio-lacustre en Jaumave con una edad < 5 Ma.

El valle de Jaumave es una llanura amplia inclinada al E; cerca de sus drenes principales (i.e. los ríos Guayalejo y Chihue) el relleno ha sido erosionado y afloran gravas y arenas en al menos tres terrazas escalonadas. Localmente estos sedimentos de energía alta a media están firmemente cementados por travertino y en muchos sitios es evidente que descansan discordantemente sobre lutitas marinas del Cretácico. Para determinar la edad y alcance estratigráfico de los sedimentos continentales se prospectó por vertebrados fósiles en distintos niveles de la secuencia.

En las terrazas más cercanas al nivel actual de los ríos Guayalejo y Chihue (los sedimentos más jóvenes de la región) se recuperaron fósiles de plantas y vertebrados. En San Vicente se colectó un molar superior de caballo. El molariforme es un M2/ fragmentado. En él se conservan la parte labial, el mesostilo, parastilo y metastilo completos. La profundidad de los surcos mesostilo-parastilo y mesostilo-metastilo, además del grado de hipsodoncia, lo refieren sin duda al género *Equus* sp. La especie no pudo determinarse por lo incompleto del espécimen. En la base de la Mesa del Gigante, en la localidad conocida como "La Indidura", se recolectaron un húmero de *Equus* sp y un molar inferior de *Mammuthus columbi*. La comparación de estos fósiles con ejemplares de la colección de referencia del Instituto de Geología (UNAM), los asocia a la fauna del Valle de México, asignada a la edad Illinoian (Pleistoceno tardío). Los taxones mencionados fueron habitantes de sabana, que se caracteriza por planicies grandes y depósitos de agua de cierta magnitud, que se conservan por un tiempo después de la temporada de lluvia. En niveles

estratigráficos más antiguos (en terrazas más elevadas sobre el nivel actual de los ríos Guayalejo y Chihue) no se encontraron fósiles por lo que se desconoce su edad.

En ninguno de los afloramientos se encontraron arenas y limos bien estratificados y/o laminados. Se cree que los ríos actuales solo exponen sedimentos acumulados en el borde de la paleocuenca, que estaba limitada por montañas muy abruptas, semejantes a las actuales. En estas circunstancias, es posible que aunque el río Guayalejo haya sido bloqueado, la porción lacustre del sistema haya sido invadida por abanicos aluviales provenientes de las sierras circundantes. El espesor máximo estimado de los sedimentos continentales es menor a 100 m. En la parte alta del río Chihue este disminuye a <5 m. Se cree que esto es evidencia de que no hubo hundimiento syn-deposicional en la cuenca.

SED-05

PROVENANCE OF THE UPPER MIOCENE SANDSTONES, SALINA BASIN, SOUTHERN GULF OF MEXICO

Ricardo Torres-Vargas¹ and Earle McBride²

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: rtorresv@imp.mx

² The University of Texas at Austin

Petrographic studies carried on about 140 shallow-marine sandstone samples coming from the four largest oil producing fields from the Salina Basin, on the southern Gulf of Mexico were used in this study. The samples, mainly from subsurface sandstones of the Encanto Formation, ranging in depth from 1800 to 3100 meters, and few others from around 1300 meters show that the Miocene and Pliocene sandstones from the Salina basin are mainly poorly cemented lithic arkoses and feldspathic litharenites. Plutonic and volcanic rock fragments are the most abundant framework grains, with minor metamorphic and sedimentary rock fragments (clastic in origin) and only traces of carbonate rocks. Where cemented, sparry calcite is the most common authigenic phase. Feldspar, dolomite, clays, and pyrite are present but disperse. Some of the deepest rocks show dead oil (pyrobitumen).

Detrital grain composition indicates that the main source for the rock fragments is the Chiapas Massif from the SSE; minor sediments were derived from the Mixtequita Massif from the SW and volcanic units from the south. On the other hand, basically no detritus are inferred to have come from the Chiapas Foreland and Trust Belt, the Yucatan Platform or from western terranes. The volume of volcanic rock fragments and plagioclase in the sandstones seems to indicate a much larger volcanic source area than that ever reported for the Chiapas region. Therefore, it is possible that either some significant mass of sediments was transported farther from the SW or Chiapas had a thicker sequence of Tertiary volcanics, which were completely eroded and deposited to the north, in the Salina Basin. The scarce occurrence of carbonate rock

fragments (CRFs) in the Miocene clastic sequence is of particular concern because of the real proximity of the Chiapas foreland and thrust belt (Sierra Madre de Chiapas). This absence would require a very channeled sedimentation directly from the south, with almost no input of sediments from the east. An alternative explanation for the absence of CRFs is to infer the diagenetic dissolution of most of the carbonate fragments during burial.

Optical estimates of the total porosity ranges from nil to 31%. Secondary porosity due to grain-cement dissolution and fracturing as well as the subordinate primary intergranular porosity account for most of the reservoir capabilities of the sandstone units.

SED-06

PROCEDENCIA DE ARENISCAS DE UNA SECUENCIA CRETÁCICA EN EL NORTE DE SONORA

J.C. García y Barragán y J.L. Rodríguez Castañeda

Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM, Hermosillo, Sonora

E-mail: jcarlosg@servidor.unam.mx

El análisis de la composición modal de areniscas de la Form. El Tuli del Cretácico Tardío permitió revelar el marco tectónico en que se originaron. Las areniscas estudiadas representan dos de los tres miembros que comprende la Form. El Tuli. El espesor muestreado se restringió a los primeros 730 m de un total de 2,000 m. En ese intervalo se encontraron las areniscas de grano mediano a grueso más apropiadas para conteo petrográfico.

Dos son los principales marcos tectónicos identificados que influyeron en la composición modal de este conjunto de areniscas. El primer ambiente tectónico identificado, según el esquema Gazzi-Dickinson, se refiere a un Orógeno Reciclado (Q52F10L38) que incluye arenitas líticas, en las cuales existen tres tipos de fragmentos: sedimentarios, volcánicos y en menor proporción, una fracción metamórfica. Los fragmentos sedimentarios provienen del Grupo Bisbee y están compuestos de limolita, lutita, arenisca de grano fino a mediano, y en menor cantidad por "wackestone" y lodolita calcárea. Estos líticos se caracterizan por su abundancia, por la nula alteración de los mismos y por su inconfundible similitud con la asociación litológica típica del Grupo Bisbee. Los líticos volcánicos incluyen fragmentos de andesita porfídica o con textura pilotaxítica. La fuente principal de líticos volcánicos fue un terreno andesítico que pasaba por un segundo ciclo de erosión cuando menos, tal como lo sugiere el tamaño de los granos, el subredondeamiento y el grado de alteración argílica de la mayoría. Algunos fragmentos de cuarcita y de filita representan la fracción metamórfica. Es notable la escasez de granos individuales de feldespato, aunque se encontraron algunos granos pequeños con macla de Albite y de tartán. A estas observaciones se liga la presencia de granos medianos a grandes de cuarzo fuertemente fracturados con grado de

redondeamiento variable. Esto significa que una fuente ígnea hipabisal pudo haber sido una fuente menor de aporte de líticos, pero rica en cuarzo, lo que caracterizó al agrupamiento de areniscas en el campo de un Orógeno Reciclado.

El segundo régimen tectónico identificado es el de un Arco Volcánico en sus variedades de Arco Disectado (Q38F29L33) y Arco Transicional (Q18F44L38). Las areniscas de Arco Disectado se clasificaron como arenitas líticas. Los fragmentos sedimentarios más abundantes son de lodolita y lutita, mientras que los fragmentos volcánicos son de dos clases: los que son claramente de textura pilotaxítica y composición andesítica, y otros de textura fluidal y de naturaleza tobácea que incluyen vidrio y "shards". En este tipo de areniscas existe una disminución de pedernal y un aumento proporcional de plagioclasas, lo que sugiere una influencia de una fuente ígnea plutónica o hipabisal más que la exposición de terrenos antiguos que incluyeran pedernal de origen marino. Los fragmentos de cuarcita y filita son muy escasos.

Las areniscas de Arco Transicional se clasifican igualmente como arenitas líticas con la diferencia de que disminuye el contenido de cuarzo monocristalino y el pedernal, y aumenta el de minerales máficos como la hornblenda y los ortopiroxenos, y notablemente las plagioclasas y los feldespatos alcalinos. Todas las areniscas derivadas de Arco Volcánico constituyen una petrofacies estratigráficamente bien diferenciada, ya que en su totalidad están incluidas dentro del Miembro II de la Form. El Tuli.

Las arenitas líticas del Miembro I provienen de la erosión de un terreno elevado, constituido esencialmente por el Grupo Bisbee del Cretácico Temprano, y depositadas en un ambiente aluvial-fluvial. En contraste, las arenitas líticas del Miembro II tienen su origen en los remanentes de un arco magmático que evolucionó de rocas volcánicas intermedias a silíceas, incluyendo una porción de las raíces del mismo arco magmático, atestiguado por la moderada cantidad de feldespatos, granos cuarzo-feldespáticos y minerales máficos.

Otros campos identificados, aunque relativamente significativos para la interpretación de procedencia, son el de Interior de un Cratón (Q94F5L1) y el de Bloque Continental (Q75F21L4). Se supone que la escasa representación de estos terrenos se debe a la pobre exposición del basamento más antiguo durante los procesos de intemperismo, erosión y transporte de sedimentos a inicios del Terciario en el norte de Sonora.

SED-07

PROVENIENCIA DE LOS SEDIMENTOS COSTEROS DE UNA PORCIÓN AL SUROESTE DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. FOURIER-FORMA DE GRANO

Janette M. Murillo¹, William Full², Enrique Nava-Sánchez¹, Vera Camacho Valdéz¹ y Cuauhtemoc Turrent Thompson¹

¹ Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, La Paz, B.C.S., México

E-mail: Jmurillo@ipn.mx

² Williams Ct. Marion, SC, USA

El estudio de la zona costera cada día es de mayor relevancia debido al constante uso de esta zona, principalmente habitacional y de recreación. Las cuencas de drenaje que nutren de material a las playas están siendo modificadas por la actividad antropogénica y esto conlleva, en parte, a los cambios que se presentan a lo largo de la costa. Con este trabajo, a través de la técnica de Fourier-Forma de grano, se identificaron las principales fuentes de abastecimiento de playas. Dentro de los resultados más sobresalientes se encontró que el material eólico antiguo, estabilizado por vegetación, el cual se encuentra ampliamente extendido localmente, es el abastecedor predominante del material de playa y dunas en el área de Cabo Falso y la bahía de Cabo San Lucas. Este material está siendo transportado a la zona costera por arroyos intermitentes que interceptan a los depósitos eólicos. Como una segunda y tercera fuente principal es el material que está produciendo el batolito de Cabo San Lucas y el material que llega a la playa por medio del transporte litoral. El transporte litoral está estrechamente relacionado al ancho de la plataforma continental; en plataformas anchas existe mayor probabilidad de que los sedimentos de la plataforma sean transportados por el oleaje a la playa a diferencia de plataformas estrechas. En la zona de estudio la plataforma es estrecha con la presencia de cañones submarinos. Por lo que se infiere que en esta parte de la costa los sedimentos que provienen del transporte litoral son menos abundantes que los aportes terrestres. Se puede observar que por desconocimiento del comportamiento del sedimento en los diferentes ambientes sedimentarios, como es el fluvial, marino y eólico, existen construcciones en proceso de destrucción y depósitos en proceso de erosión, por lo que a partir de los resultados de este estudio se sugiere que se tenga un especial cuidado al modificar el curso de los arroyos que drenan a la costa, ya que son los responsables de nutrir gran parte de los sedimentos a las playas. Este trabajo se hizo con apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (J27724T).

SED-08

BIOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CARACAHUI, SINEMURIANO, EXPUESTA AL ORIENTE DE BENJAMÍN HILL, SONORA, MÉXICO

Emilio Almazán Vázquez
 Depto. de Geología, Universidad de Sonora
 E-mail: almazan@marina.geologia.uson.mx

En la porción sur de la Sierra Caracahui, ubicada 5 Km al oriente del poblado de Benjamín Hill, se encuentra expuesta una secuencia detrítico-carbonatada del Jurásico.

Dicha secuencia fue descrita en primer instancia por Flores (1929); posteriormente Erben (1954) propuso el nombre de Formación Caracahui para este conjunto litológico; más recientemente Mendoza y Minjarez (1989) y Palafox y col. (1992) realizaron un estudio de mayor detalle de la secuencia jurásica.

Los autores antes mencionan una fauna fósil constituida exclusivamente por pelecípodos y fragmentos de tallos de crinoideos; la contribución de éste trabajo consiste en la descripción por vez primera de amonitas fosilizadas de la Formación Caracahui, las cuales se encuentran bioasociadas a Crinoideos del género *Isocrinus*, Gasterópodos del grupo de las Nerineas, Echinodermos, Pelecípodos y probables Briozoarios.

La Formación Caracahui, de acuerdo con Palafox y col. (1992), tiene un espesor de 246 m y esta constituida por una alternancia de areniscas, calizas y lutitas. Las areniscas son de color café gris, grano fino a medio, bien redondeado y moderadamente clasificado. Por su parte las lutitas se manifiestan en estratos masivos, de color gris y con una marcada esquistosidad. Las calizas, de color gris, presentan horizontes arenosos que alcanzan hasta 5 metros de espesor.

Estudios recientes sobre el contenido faunístico de la Formación Caracahui han permitido coleccionar, en horizontes carbonatados impuros, algunos ejemplares de amonitas, cuyas características paleontológicas son: de una concha de dimensiones pequeñas, es decir, un diámetro de la concha de 20 mm, un diámetro umbilical de 8 mm, una altura de la vuelta de 9 mm y una amplitud de la vuelta de 5 mm. Se trata de una amonita con concha ligeramente involuta, en donde se observan al menos cuatro vueltas; su venter es arredondado y angosto, con un perfil de la vuelta rectangular; sus flancos son ligeramente convexos y la ornamentación está constituida por costillas simples y rectas en los flancos, que sin embargo en su hombro ventro-lateral se flexionan claramente a favor de la dirección del crecimiento de la concha; las costillas se presentan bien realzadas y juntas. Las características anteriormente descritas corresponden al género *Arietites*, cuyo alcance estratigráfico corresponde al piso Sinemuriano.

SED-09

CONTRIBUCIÓN A LA SISTEMATIZACIÓN DE LA NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO INFERIOR EN EL ÁREA DE HUETAMO, MICH.

David J. Zamudio Ángeles, Juan Carlos Salinas Prieto y David Sánchez Ramírez
 Consejo de Recursos Minerales
 E-mail: gplanges@coremisgm.gob.mx

El Consejo de Recursos Minerales (CRM), en el año de 1995, inicia uno de los programas más ambiciosos en el ámbito geológico del país, la elaboración de la cartografía geológica-minera, geoquímica y aeromagnética del Territorio Nacional, en escalas regional y de detalle, para apoyar y fomentar el desarrollo sustentable de la Industria Minera Nacional. Actualmente, esta cartografía cuenta ya con el cubrimiento del 82% en la escala 1:250,000 y del 13 % en escala 1:50,000.

Uno de los problemas más recurrentes en la elaboración de dicha cartografía, es la dificultad en el reconocimiento y discriminación de las unidades litoestratigráficas fuera de las áreas tipo, causada, principalmente, por el empleo indiscriminado de unidades litoestratigráficas y geocronológicas, el uso inapropiado de nombres y unidades, la duplicidad de nombres (ya sea con el empleo del mismo nombre para unidades con rasgos líticos diferentes o, bien, el uso de diversos nombres para unidades con rasgos líticos semejantes), así como también el hecho de que los alcances geocronológicos asignados a unidades, generalmente difieren entre sí. Esta problemática no es privativa del CRM, se presenta también en trabajos desarrollados por instituciones relacionadas a las Ciencias de la Tierra, ya sea de investigación, educativas, gubernamentales o privadas.

Por lo expuesto anteriormente, el Organismo puso en marcha un programa piloto en la región de Huetamo, Michoacán, para comprender la problemática estratigráfica, donde una misma unidad litoestratigráfica, consistente en una secuencia carbonatada con interestratificación de capas clásticas ha sido nombrada por diversos autores como Formación Morelos, Comburindio, El Cajón y como parte del Miembro Inferior de la Formación San Lucas. Así mismo, ha sido asignada a diferentes edades.

Este trabajo permite concluir, bajo el análisis histórico de las consideraciones taxonómico-nomenclaturales, geocronológicas, del trabajo de campo y siguiendo los lineamientos del NACSN (1983), que el taxón denominado Formación El Cajón utilizado para nombrar a los estratos carbonatados antes descritos como Formación Morelos, en el área El Cajón, cae en sinonimia con la Formación Comburindio, ya que la unidad cuenta con los mismos atributos líticos, paleontológicos (como formadores de roca) e idéntica posición estratigráfica, no justificándose el uso de diferentes nombres para una misma unidad y, por principio de prioridad y

conservación, el nombre que deberá mantener es el de Formación Comburindio (NACSN, 1983, Artículo 7b y c). Así también, los estratos que afloran en la Loma Cuachalalate al sureste de Huetamo, deben considerarse como pertenecientes a la Formación Comburindio y no como parte del Miembro Inferior de la Formación San Lucas (parte alta del Miembro Terrero Prieto), ya que presentan los mismos atributos líticos y posición estratigráfica.

El análisis de la información paleontológica y el estudio micropaleontológico realizado permite considerar a la Formación Comburindio como del Barremiano tardío?-Albiano.

La metodología utilizada permite conocer el estado, formal o informal de las unidades litoestratigráficas, así como su problemática geocronológica, lo que coadyuvará al reconocimiento y discriminación de los cuerpos de rocas sedimentarias presentes en los trabajos cartográficos y, por ende, a una mejor interpretación de la evolución tectónica de una región. Esto mismo, permitirá en lo futuro contemplar conjuntamente con otras instituciones la Sistematización de la Nomenclatura Estratigráfica utilizada en el Territorio Nacional.

SED-10

LA CUENCA DE TECOLOTLÁN, MÉXICO, UNA NUEVA FAUNA DEL TERCIARIO TARDÍO DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA

Carranza Castañeda O., Miller E.W. y Kowallis J.B.
Centro de Geociencias, UNAM, Juriquilla, Querétaro
E-mail: carranza@geociencias.unam.mx
Brigham Young University, Provo, Utah

Las investigaciones previas en el graben de San Miguel Allende, Guanajuato, para definir la bioestratigrafía de la cuenca, ha producido una base de datos que ha permitido continuar los trabajos en otras cuencas sedimentarias ubicadas en los paralelos 19°-23° Lat N, del centro de México. En los últimos años se ha estudiado la cuenca de Tecolotlán en Jalisco, que se localiza a 112 km al suroeste de Guadalajara. La estratigrafía de esta cuenca se divide en dos grandes secciones. La sección inferior corresponde a las localidades que se encuentran entre las rancherías de Santa María-Los Corrales. La sección superior comprende el área de San José-La Hacienda, y en la cima en la porción noreste de la cuenca, se encuentra la secuencia de Las Gravas.

La primera se ubica en la parte sur de la cuenca. La litología muestra una gran actividad geológica, demostrada por paleocanales con gradación parcial, paleosuelos con evidencias de desecación, estratos de concreciones irregulares de caliche, estratos de arenas y gravas con muy pobre clasificación y estratos de arcillas con delgadas capas de cristales de calcita entre ellos.

En la cima se encuentran una secuencia lacustre de 12 metros de espesor, de estratos de arena de grano fino con diferentes proporciones de arcilla y arcilla con delgadas capas

de calcita intercaladas. Esta secuencia se encuentra en casi toda la porción sureste de la cuenca, siendo en la ranchería de Los Corrales, Santa María y San José, donde están mejor expuestos.

Sobre esta secuencia lacustre se encuentran los sedimentos de San José-La Hacienda; la uniformidad de la litología indica mayor estabilidad geológica. La sección se compone de estratos de arcilla con diferentes proporciones de arena, gravas y arcillas arenosas. En la localidad de La Hacienda, se encuentran dos estratos de caliche, que indican depósitos temporales de agua. En el estrato inferior se encuentran abundantes gasterópodos cristalizados en calcita. A 8 m del segundo estrato se encuentran estratos de ceniza volcánica, con el análisis radiométrico se obtuvo un resultado de 4.89 ± 0.16 , por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$.

En la ranchería de San Buenaventura, se localiza la secuencia de Las Gravas; se observa un cambio abrupto de litología, la secuencia se forma por estratos de arenas arcillosas y gravas mal clasificadas. La secuencia termina con gravas subangulares mal clasificadas cubriendo esta sección.

El material fósil recolectado en el área de Santa María-Los Corrales, se compone de restos de reptiles, *Geochelone?* y *Crocodylus* sp. Los mamíferos, el lagomorfo *Notolagus velox*, los carnívoros *Canis ferox*, *Machairodus* cf. *M. Coloradensis*, el proboscídeo *Rhynchotherium* sp, los équidos *Nannippus minor*, *Neohipparion eurystyle*, *Dinohippus mexicanus*, y *Astrohippus stockii*, el rinoceronte *Teleoceras fossiger*, y los camélidos *Hemiauchenia vera* y *Megatylopus ?matthewi*. Es importante señalar que en estas localidades se encuentra la mayor cantidad de especímenes de *Nannippus minor* que se conoce en localidades del Henfiliano tardío de México.

En las localidades de San José-La Hacienda, se han recolectado restos indeterminados de reptiles, *Crocodylus* sp. Los mamíferos, el edentado *Megalonyx* sp, los lagomorfos *Notolagus velox*, e *Hypolagus* sp, el roedor *Calomys* sp. Los équidos *Neohipparion eurystyle* y *Dinohippus mexicanus* se encuentran representados en toda la sección. Los carnívoros *Osteoborus* cf. *O. cyonoides*, *Machairodus* cf. *M. coloradensis*, y *Agriotherium schneideri*, el rinoceronte *Teleoceras fossiger*, y los camélidos, *Alforjas* sp, *Hemiauchenia* sp, el antilocaprido *Hexobelomeryx* sp, y el pecarí *Prosthennops* sp. La fauna mencionada corresponde a la secuencia bioestratigráfica del Henfiliano tardío (Mioceno tardío).

En la sección de Las Gravas, se han recolectado molares superiores e inferiores de un équido que presenta caracteres menos progresivos que *Equus simplicidens*. Los inmigrantes sudamericanos *Glyptotherium* sp y elementos de capibaras, *Neocherus* cf. *N. Cordobai* roedor de origen sudamericano.

La fauna de la cuenca de Tecolotlán, se correlaciona con las localidades de Rancho el Ocote. La diversidad de fauna y está entre las faunas de mayor diversidad de taxa que se conocen hasta ahora en la Faja Volcánica Transmexicana.

PALINOLOGÍA Y SECUENCIAS DEL NEÓGENO EN EL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

Helenes J.¹ y Del Valle Reyes A.²

¹ Depto. de Geología, CICESE

E-mail: jhelenes@cicese.mx

² Gerencia en Geociencias, IMP

En los sedimentos neógenos del sur del Golfo de México se encuentran hidrocarburos y el registro de la evolución geológica del área. Para afinar los modelos de esta evolución esta región y facilitar la correlación de los horizontes productores de hidrocarburos, se han realizado estudios de bioestratigrafía de alta resolución (nanoplanctón, foraminíferos y palinología), cuyos resultados han permitido afinar marcos cronoestratigráficos existentes. Como parte de estos resultados, la palinología ha ayudado a datar y reconocer ambientes de sedimentación en las secciones estudiadas.

Datos provenientes de dos secciones en la cuenca de Macuspana y en la Sonda de Campeche, sirven para proponer un marco cronoestratigráfico y documentar la presencia de 4 conjuntos de dinoflagelados, relacionados con la evolución paleobatimétrica regional. Estos conjuntos son:

1- Conjunto Homotryblum, en estratos del Oligoceno superior, representando ambientes de costero a nerítico interno. Este conjunto contiene especímenes in situ y retrabajados de Cordosphaeridium y Glaphyrocysta.

2- Conjunto Selenopemphix, principalmente en estratos del Mioceno inferior, representando ambientes neríticos de interno a medio. Este conjunto presenta poca abundancia y contiene Polysphaeridium, Lejeunecysta y Operculodinium.

3- Conjunto Impagidinium, en estratos del Mioceno medio a superior, representando ambientes neríticos de medio a externo. Este conjunto presenta poca variedad y contiene Nematospaeropsis y escasos Operculodinium.

4- Conjunto Polysphaeridium, en estratos del Mioceno superior a Pleistoceno, representando ambiente neríticos de medio a interno. Este conjunto es abundante y también contiene Lingulodinium y varias especies de Spiniferites.

La integración de los análisis bioestratigráficos y paleoambientales nos permite reconocer y datar ciclos transgresivos-regresivos, algunos de los cuales pueden correlacionarse con la carta de ciclos eustáticos. Esta correlación nos permite proponer un marco cronoestratigráfico con una resolución aproximada de 1 Ma.

ESTRATIGRAFÍA

SED-I 2

ESPESOR DE SEDIMENTOS Y ESTRATIGRAFÍA PRELIMINAR DEL SUBSUELO EN LAS INMEDIACIONES DE LA CD. DE HERMOSILLO (CUENCA MESA DEL SERI), SONORA, MÉXICO

Francisco Javier Grijalva Noriega¹, César Jacques Ayala²,

Herman Valenzuela Salas¹ y Alejandra Montijo González¹

¹ Depto. de Geología, Universidad de Sonora

E-mail: grijalva@marina.geologia.uson.mx

² Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

La cuenca Mesa Del Seri es una cuenca local intermontana localizada a 10 kilómetros al Este de la ciudad de Hermosillo, Sonora, la cual probablemente se desarrolló durante la fase tardía del evento distensivo del Basin and Range. Al igual que para las demás cuencas de este tipo en Sonora, no se cuenta con información del subsuelo que permita caracterizarla desde el punto de vista de los sedimentos que la rellenaron y la estructura que presenta a profundidad. Por otro lado, dado que esta cuenca tiene un gran potencial acuífero que puede ayudar a resolver la falta de este recurso en la ciudad de Hermosillo, la información generada del subsuelo puede ser una herramienta muy útil para que pueda ser evaluada con certidumbre.

A partir de secciones gravimétricas, algunos sondeos eléctricos verticales y las descripciones litológicas de pozos en su parte central, es posible definir las características preliminares de esta cuenca en el subsuelo. De manera general ésta corresponde a un semi-graben rellenado por secuencias fluviales y lacustres, dominando en gran parte sistemas de abanicos aluviales en los límites de la cuenca. El espesor de sedimentos es muy variado, llegando a presentar un espesor máximo de 350 metros en la porción central.

A partir de los datos de los sondeos eléctricos y de las descripciones litológicas de los pozos, se propone que el tratamiento estratigráfico interpretado para esta cuenca sea un esquema aloestratigráfico, ya que la litología es variada lateralmente y es posible definir con certidumbre las discontinuidades que limitan a las unidades propuestas. Se propone el nombre informal aún de aloformación Mesa del Seri la cual preliminarmente está constituida por tres alomiembros: El alomiembro inferior se caracteriza por gravas gruesas a arenas gravosas semiconsolidadas que lateralmente varían a sedimentos finos areno-arcillosos que descansan discordantemente sobre un basamento ígneo-carbonatado y que representan depósitos de abanicos aluviales y fluvio-lacustres, llegando a presentar espesores de hasta 250 metros. El miembro medio son una serie de sedimentos fluviales no consolidados dominados por secuencias arenosas con variaciones texturales claramente identificadas en sus

características de respuesta eléctrica, con un espesor de 75 metros y que se encuentra sobre el miembro inferior mediante una superficie de erosión inferida. El miembro superior tiene un espesor máximo de 25 metros y son depósitos de gravas no consolidadas con un desarrollo importante de capas de caliche de hasta 1 metro de espesor, los cuales representan el sistema de depósito fluvial más reciente, marcando una superficie de erosión importante sobre el miembro medio. Las características estratigráficas permiten sugerir que inicialmente esta cuenca fue cerrada y posteriormente abierta paulatinamente a un patrón de drenaje axial.

SED-13

EL CÁMBRICO TEMPRANO Y MEDIO DE SAN JOSÉ DE GRACIA, SONORA CENTRAL, MÉXICO

Emilio Almazán Vázquez
 Depto. de Geología, Universidad de Sonora
 E-mail: almazan@marina.geologia.uson.mx

A escasos 40 Km, en dirección noreste, de la Ciudad de Hermosillo, está expuesto un paquete de rocas clásticas y carbonatadas, depositadas al inicio de la Era Paleozoica.

La secuencia estratigráfica cubre un área restringida en las inmediaciones del Cerro El Chihuarruita, rasgo orográfico situado al sureste del poblado de San José de Gracia, en la región central del Estado de Sonora.

El espesor, de 232 metros, de la serie sedimentaria ha sido dividida en siete facies bioestratigráficas de características particulares y que de la base a la cima son:

La secuencia de San José de Gracia se inicia con una serie de 12 m de espesor y formada de cuarcitas impuras de color café oscuro, que constituyen el Miembro A. Las rocas clásticas están formadas por granos de cuarzo que no rebasan, en promedio, el milímetro de diámetro, su forma es subarredondada y tienen una buena selección granulométrica: Los estratos frecuentemente rebasan el metro de espesor, se muestran sensiblemente intemperizados y su estructura es de laminaciones paralelas a la estratificación y en ocasiones se transforma en estratificación cruzada de bajo ángulo.

El Miembro B también presenta facies clásticas y su espesor es de 5 metros. Las rocas son areniscas de cuarzo con un evidente intemperismo que favorece que la unidad frecuentemente este cubierta por sedimentos aluviales o de pie de monte y el rasgo mas distintivo es su aparente estructura conglomerática debida probablemente a una intensa actividad biológica.

A continuación afloran 10 metros de cuarcitas cafés correspondientes al Miembro C y en donde los granos de arena presentan una forma subangulosa y una buena clasificación granulométrica. La estratificación es masiva y las condiciones hidrodinámicas de la sedimentación dio origen a una clara graduación granulométrica, la cual varía de arena gruesa a

arena media, dispuesta en láminas sedimentarias, constituyendo paquetes de 10 a 20 cm y con una actitud tal que originaron una distintiva estructura de estratificación cruzada que caracteriza al miembro.

El espesor del Miembro D es de 40 metros, en donde la litología predominante son areniscas, de estratificación gruesa a masiva y que alternan con delgados horizontes de calizas impuras, en estratos de 5 hasta 25 cm de espesor y de estructura lenticular, cuya longitud lateral varía desde 5 hasta 15 metros. En las calizas existen estructuras oncoidales de algas, una abundante cantidad de moluscos del género *Hyolites*, algunos ejemplares de crinoideos del género *Gogia* y fragmentos de trilobitas identificados como *Bristolia* sp. cf. *B. bristolensis* (Resser) que permiten determinar la edad Cámbrico Temprano de las rocas.

La secuencia continua con el Miembro E, cuyo espesor de 15 metros lo forma un paquete de calizas oolíticas, de estructura masiva, variando los horizontes desde 60 cm hasta 5 metros de espesor, ocasionando que fisiográficamente el paquete carbonatado constituya prominencias que destacan en el paisaje.

El Miembro F constituye una de las biofacies más sobresalientes de la secuencia cámbrica de San José de Gracia, formada por una potente columna estratigráfica de 110 metros de estratos arcillosos que alternan con delgados a medianos horizontes calcáneos. En éste miembro puede observarse una abundante fauna fósil de braquiópodos inarticulados y trilobitas, tanto en las rocas clásticas como en las calcáneas. Entre los géneros de braquiópodos se encuentran *Dictyonina* sp., *Prototreta* sp., *Linnarsonia* sp. y *Acrothele* sp.; mientras que de los trilobitas destacan cefalones y pigidios de *Oryctocara* sp., *Oryctocephalus* sp., *Ehmaniella*? sp., *Elrathina*? sp., *Kootenia* sp. *Bathyriscus* sp., *Peronopsis* sp. cf. *P. Bonnerensis*, *Peronopsis* sp. y *Pagetia* sp.; también es posible observar gasterópodos del género *Helcionella*. La asociación faunística indica una edad del Cámbrico Medio para las rocas que la contiene.

La parte superior de la columna cámbrica esta formada por 40 metros de horizontes carbonatados e interestratificaciones de horizontes arcillo-carbonatados. La litología del Miembro G no presenta macrofauna fósil por lo que da la impresión de ser azoica y su espesor total es incompleto ya que su cima se encuentra truncada.

MONTÍCULOS DE LODO CALCÁREO-MICROBIANOS DE LA FORMACIÓN CUPIDO DEL CRETÁCICO INFERIOR: TIPOS, CONTROLES Y MARCO DE ESTRATIGRAFÍA DE SECUENCIAS, NE DE MÉXICO

Gustavo Murillo-Muñetón¹ y Steven L. Dorobek²

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: gmurill@imp.mx

² Texas A&M University

La Formación Cupido del Cretácico Inferior (Hauteriviano-Aptiano Inferior) representa parte de un gran sistema carbonatado que se extendía alrededor del Golfo de México, desde el NE de México hasta La Florida. Trabajo intenso de campo y petrografía permitieron identificar por primera vez en México (y Norteamérica) numerosos montículos de lodo calcáreo-organismos microbianos (carbonate mud-mounds) dentro la Formación Cupido en el Cañón de Bustamante, N.L. Estos cuerpos carbonatados se pueden dividir en cuatro tipos de acuerdo sus componentes orgánicos e inorgánicos, dimensiones, asociación de facies y distribución estratigráfica. Montículos de lodo-componentes microbianos-esponjas síliceas (Tipo 1) son los más antiguos y numerosos y están asociados a facies de mudstone de rampa profunda/cuenca. Montículos de lodo-componentes microbianos-esponjas (síliceas y calcáreas) (Tipo 2) están contenidos en facies de wackestone/packstone de rampa externa y sobreyacen a los montículos Tipo 1. Montículos de lodo-componentes microbianos-esponjas (síliceas y calcáreas)-corales (Tipo 3) están asociados a facies de packstone también de rampa externa. Montículos biodetríticos de calciesponjas-componentes microbianos-corales (Tipo 4) se encuentran dentro de facies de packstone de rampa externa y packstone de fragmentos de rudistas de cresta de rampa (margen de plataforma). La longitud y altura (e.g., relieve sinóptico) individual de los montículos tipo 1, 2 y 3 varían de pocos metros a decenas de metros. Sólo los montículos de tipo 4 alcanzan varios cientos de metros de longitud y hasta 90 m de espesor; sin embargo, su relieve sinóptico es muy bajo. El horizonte estratigráfico que contiene a los montículos calcáreos gradúa transicionalmente a ciclos carbonatados de submarea y perimarea.

Las fábricas microbianas comunes observadas en todos los montículos calcáreos de la Formación Cupido incluyen: masas de micrita grumosa oscura y densa, costras de forma de domo y algunas laminadas, así como sedimento peloidal. La proporción relativa de las fábricas microbianas y otros componentes dentro de las facies del núcleo de los montículos también varía sistemáticamente entre los tipos de montículos. Las facies de núcleo de montículo consisten predominantemente de boundstone de esponjas-componentes microbianos en los montículos de tipo 1 y 2 (los más antiguos y de aguas más profundas); las esponjas son típicamente síliceas (hexactenélidas y litistidas). Las facies de núcleo de montículo en los montículos Tipo 3 contienen aproximadamente 40-50% de facies de esponja-componentes microbianos, mientras los

núcleos de los montículos de Tipo 4 consisten principalmente de packstone de bioclastos con <40% de fábricas de esponjas-componentes microbianos. Los montículos de tipo 3 y 4 (de aguas más someras) contienen principalmente esponjas calcáreas y corales, con pocas esponjas síliceas. Otra biota en las facies de núcleo de montículo (principalmente montículos de tipo 1, 2, y 3) está dominada por organismos encrustantes incluidos tubos de gusanos aglutinantes (*Terebella lapilloides*) y serpúlidos, briozoarios, foraminíferos y algas coralinas rojas.

Los cambios sistemáticos en los atributos de los montículos de lodo calcáreo (e.g., biota, morfologías, dimensiones, abundancia, distribución estratigráfica y asociación de facies) fueron controlados principalmente por el perfil deposicional inicial de rampa que tenía la plataforma carbonatada Cupido y las tendencias de acomodamiento de gran escala que afectaron la evolución de la rampa durante el Cretácico Temprano. El perfil de rampa restringió el transporte de grandes volúmenes de sedimentos alóctonos de las facies de margen de plataforma (someras) hacia el área de rampa externa donde se localizaban los montículos. Esto permitió la acumulación lenta de las facies de núcleo en los montículos de tipo 1, 2 y 3 para construir un relieve sinóptico significativo debido a que las facies de rampa externa adyacentes a ellos se acumularon a velocidades más bajas. En contraste, los núcleos de los montículos Tipo 4 contienen el sedimento esquelético más grueso y también desarrollaron el menor relieve de todos los tipos de montículos debido a la alta tasa de sedimentación de las facies gruesas de margen de plataforma a las que están espacialmente asociadas.

Esas variaciones sistemáticas en las características de los montículos de la Formación Cupido reflejan una pérdida en el acomodamiento a gran escala (segundo orden) y una progradación regional de la plataforma carbonatada (rampa) Cupido durante el Cretácico temprano. Concordantemente, la transición vertical de montículos de Tipo 1 (ambientes profundos de rampa externa/cuenca) a montículos de tipo 2 y 3 a finalmente montículos de Tipo 4 (desarrollados cerca de la cresta de la rampa) en el Cañón de Bustamante esto puede explicarse por la somerización progresiva de los ambientes de rampa externa, conforme el tracto de facies someras de margen de rampa progradaba hacia el E del Hauteriviense al Aptiense temprano. Existen pocas sucesiones estratigráficas en el registro geológico que permiten establecer excelentes relaciones entre la Estratigrafía de Secuencias y la evolución de montículos calcáreos en un sistema deposicional de rampa carbonatada.

SED-15

RESULTADOS PRELIMINARES SOBRE LA CICLOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN LA VIRGEN (CRETÁCICO INFERIOR), NE DE MÉXICO

José Martín Hernández-Trejo^{1,2} y Gustavo Murillo-Muñetón¹

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: gmartez@yahoo.com.mx

² Instituto Politécnico Nacional

La localidad tipo de la formación La Virgen se encuentra en la porción oeste del Potrero de La Virgen, a 10 km al NE de Cuatro Ciénegas, Coah. Esta unidad forma parte de un sistema carbonatado-evaporítico acumulado en una cuenca de intraplataforma protegida por una barrera carbonatada localizada hacia el oriente (Formación Cupido). La edad de la Formación La Virgen es Cretácico Inferior (probablemente Hauteriviano-Barremiano).

Se colectaron datos estratigráficos y sedimentológicos en los potreros La Virgen y La Mula en cinco secciones que incluyen a las formaciones La Mula, La Virgen, Cupido y La peña, para análisis de facies sedimentarias y establecer un marco de cicloestratigrafía. Se reconocieron al menos 11 facies sedimentarias, las cuales incluyen: grainstone de ostreas-equinodermos-rudistas, grainstone de intraclastos, packstone/grainstone de bioclastos, boundstone de ostreas, wackestone de bioclastos-pellets, wackestone/mudstone dolomitizado, dolomía muy fina, mudstone, lutita, yeso y brecha de colapso. Los ambientes de estas facies varían de ambientes de submarea a supramarea y fueron depositadas en un tracto de plataforma interna. Estas facies se apilan dando origen a sucesiones sedimentarias que se somerizan hacia su cima a manera de ciclos tipo sabkha. El espesor de los ciclos varía de 10 m a 40 m. Se han identificado al menos 15 ciclos, los cuales hacen un espesor total de 350 m en la columna estratigráfica más completa (Potrero La Virgen); los ciclos de la parte superior de la Formación La Virgen se pueden correlacionar en cuatro secciones y los ciclos de la base sólo se pueden correlacionar en tres columnas estratigráficas debido a cambios laterales y verticales de facies.

En términos de Estratigrafía de Secuencias, los patrones de apilamiento de los ciclos permiten identificar tres posibles secuencias de alta frecuencia limitadas en su parte superior por brechas de colapso. La arquitectura estratigráfica de la Formación La Virgen fué controlada probablemente por la interacción de los siguientes factores: subsidencia post-rift (enfriamiento termal), cambios eustáticos, clima (árido), tiempo de invernadero (greenhouse) del Periodo Cretácico y régimen oceanográfico local.

SED-16

ESTUDIOS ESTRATIGRÁFICOS Y DEPOSICIONALES DE LA FORMACIÓN SOYATAL (TURONIANO), EN LA SIERRA DE ALVAREZ Y SIERRA DEL CORO, PORCIÓN CENTRO-OCCIDENTAL DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ

López Doncel Rubén

Instituto de Geología, UASLP

E-mail: rlopez@easlp.mx

El objetivo del presente estudio es el de contribuir al conocimiento de la secuencia estratigráfica de La Formación Soyatal (Turoniano), así como la interpretación de los diferentes mecanismos de deposición de ésta Formación, en la porción centro-occidental del Estado de San Luis Potosí, con el fin de aportar nueva información sobre la paleogeografía del Mesozoico tardío en la porción central de México.

La Formación Soyatal se compone de secuencias de por lo menos 100 m de espesor, mayormente incompletas y fuertemente deformadas por tectonismo, que consisten de calizas, calizas margosas, margas, areniscas finas y lutitas que se intercalan localmente con bancos de brechas calcáreas.

En el área de estudio la Formación Soyatal se divide en 3 unidades:

- Unidad Inferior: Esta unidad se compone de por lo menos 50 m de calizas gris oscuro, intemperizadas a ocre, en bancos delgados a medios, que se intercalan con margas grises y lutitas café oscuro. Las capas de calizas, se encuentran laminadas, gradadas y localmente presentan estructuras sedimentarias características, como ripples, estratificación cruzada, así como plegamiento y fallamiento sinsedimentario. La presencia de las margas aumenta hacia la parte superior de ésta unidad pasando transicionalmente a lutitas, disminuyendo así mismo el número y espesor de los horizontes calcáreos.

- Unidad Media: Compuesta por un paquete de por lo menos 8 m de espesor de bancos masivos hasta delgados de brechas calcáreas, el cual sobreyace concordantemente la unidad inferior y subyace transicionalmente a la unidad superior. Las brechas se componen de bioclásticos de fauna arrecifal (rudistas) y extraclásticos preferentemente de ambientes de aguas someras de la zona posarrecifal. El tamaño de los clastos, los cuales se encuentran semiangulosos hasta bien redondeados, en una fábrica soportada por clastos?, no sobrepasa por lo general los 5 cm de diámetro.

- Unidad Superior: Esta unidad se compone de margas grises, areniscas finas color ocre y lutitas café oscuro. En la parte inferior de la unidad superior se reconocen algunos bancos delgados de brechas con componentes calcáreos los cuales descansan en una matriz margosa-lutítica. Característico de esta unidad es la presencia de secuencias rítmicas de areniscas finas-lutitas, semejando depósitos turbidíticos distales.

La presencia de plegamiento sinsedimentario y principalmente de brechas calcáreas sugieren que los mecanismos de depósito de la Formación Soyatal en el área de estudio, están relacionados con movimientos inducidos por gravedad en forma de flujos de escombros (brechas) y deslizamientos de masa (pliegues sinsedimentarios). Un tercer tipo de depósito, las turbiditas están relacionadas a corrientes de turbidez. La asociación de los tres tipos de depósitos presentes sugieren que estos fueron emplazados a lo largo de una zona de talud, la cual se encontraba entre la Plataforma Valles-San Luis Potosí en el Este y la Cuenca Mesozoica del Centro de México en el Oeste del área de estudio.

La presencia de bioclásticos y extraclásticos provenientes de ambientes de aguas someras (arrecifal y de plataforma interna), comprueban la cercanía de la Plataforma Valles-San Luis Potosí y su margen arrecifal, la cual aún durante el Turoniano se encontraba en pleno desarrollo.

SED-17

PALEOKARST EN ROCAS DEL ALBIANO-CENOMANIANO EN EL GOLFO DE MÉXICO

Baldomero E. Carrasco V.
Facultad de Ingeniería, UNAM
E-mail: bcar@prodigy.net.mx

La identificación e interpretación de superficies paleokarsticas en secuencias de rocas carbonatadas del: Proterozoico, Cámbrico-Ordóvicico, Silúrico, Misisípico, Pérmico Jurásico y Cretácico, ha sido documentada por muchos investigadores, y aplicada en el estudio de afloramientos y en el subsuelo, así como por la sismica.

En las rocas del Cretácico en el Golfo de México, se ha comprobado la exposición subaérea durante el Albiano-Cenomaniano de las rocas depositadas en diversas plataformas carbonatadas del área:

- 1) En el oeste del Golfo de México en afloramientos de la Formación El Abra en la Plataforma de Actopan.
- 2) En el oriente del Golfo de México, identificada por sismica en el "Jordan Knoll.
- 3) En el noroeste del Golfo de México en el subsuelo de la Plataforma de San Marcos de Texas en la cima del Grupo Edwards.

Los criterios aplicables para la identificación de paleokarst (discordancias subaéreas) son: 1) Caracteres petrológicos: brechas y fracturas, 2) Geoquímica de isótopos estables, 3) Estratigrafía sísmica y 4) Estratigrafía secuencial.

Para las rocas de la Plataforma de Actopan, se aplicó el estudio de las brechas y fracturas, así como los estudios de isótopos estables (en proceso de análisis), la sismica no procede, y la estratigrafía secuencial se aplicará cuando se tengan estudios detallados, no solo en la Plataforma de

Actopan, sino también en la Plataforma de Valles-San Luis Potosí. Las clasificaciones de brechas y fracturas para identificar las evidencias de paleokarst en las rocas de la Formación El Abra en la Plataforma de Actopan, son las de: Kerans (1988, 1989, 1990 y 1993), Lucia (1992 y 1996) y Loucks (1992, 1997, 1999 y 2001), las cuales tienen bases semejantes de clasificación e interpretación.

Los ocho tipos de brechas y fracturas identificados en la Formación El Abra corresponden a los descritos por Loucks (1999): 1) Brecha de agrietamiento, 2) Brecha en mosaico, 3) Brecha caótica, 4) Brecha caótica, con clastos suspendidos entre sí, en una matriz abundante, 5) Brecha caótica, con clastos suspendidos en la matriz, 6) Sedimentos de caverna con astillas, lajas y blocks, 7) Sedimentos de relleno de caverna (puede ocurrir cualquier mezcla, o gradación de sedimentos), y 9) Brecha en mosaico con matriz abundante.

De acuerdo con los criterios de Schlager (1992) el periodo de exposición de las rocas del Albiano-Cenomaniano en Jordan Knoll, fué de menos de un millón de años, se considera que en las Plataformas de Actopan y de San Marcos, puede haber un tiempo semejante de exposición subaérea de las rocas de la misma edad en ambas plataformas.

Las rocas del Albiano-Cenomaniano también tuvieron otros periodos posteriores de karstificación: Coniaciano-Santoniano (Sierra del Abra), Cretácico Superior-Terciario Inferior (Faja de Oro), y Mioceno-Holoceno (Plataforma de San Marcos), las rocas en Zimapán-Jacala, iniciaron probablemente su karstificación en el Terciario Inferior, después de los plegamientos laramídicos.

SED-18

GEOLOGÍA Y CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DEL SUBSUELO DE LA PORCIÓN SUR-SURESTE DEL VALLE DE MÉXICO

Nelly Ivonne Valencia Guzmán y Víctor M. Malpica Cruz
Servicio Geológico Metropolitano
E-mail: nellyivonne@hotmail.com

El desarrollo urbano que actualmente se observa en la Ciudad de México, ha generado gran variedad de problemas como son: la escasez de agua en algunas zonas, hundimiento del suelo, contaminación y explosión demográfica, entre otros.

A partir de esta problemática, se han realizado numerosas investigaciones encaminadas a dar solución a estos problemas.

El propósito del presente estudio, es identificar y caracterizar litológicamente las formaciones geológicas, presentes en el subsuelo de la porción sur-sureste del Valle de México, haciendo uso principalmente de cortes litológicos de pozos profundos perforados, acompañados de la realización de los siguientes tipos de análisis: sedimentológicos, petrográficos y geoquímicos, que se aplicaron a muestras de canal recolectadas de algunos pozos.

Apoyándose en la información que se obtuvo con los análisis, se interpretaron los ambientes de depósito para cada formación, siendo los principales: el fluvial, lacustre, abanico aluvial, pie de monte y volcanoclástico.

Una vez que se conoció el ambiente de depósito, se determinaron las condiciones físico-químicas que contribuyeron para su distribución en el área de estudio, además de otros factores físicos como el clima.

Así mismo se atravesaron diversas coladas de lava y estratos de material piroclástico de diferentes espesores determinando que se trata rocas ígneas extrusivas, cuya composición varía de andesitas a basaltos, según el lugar de ubicación del pozo perforado o del aparato volcánico al cual pertenece.

Con lo anterior, se logró tener mayor información, de la cual se llevó un mejor control de cada formación geológica que se iba identificando, además de su área de influencia.

Con base en la información antes obtenida, se estableció la correlación litoestratigráfica del área de estudio, dentro del marco geológico regional.

Mediante 7 secciones de correlación, de los cuales 7 pozos están incluidos dentro del convenio entre el Instituto de Geología de la UNAM y la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH).

Con la información anterior se logró establecer la disposición, distribución y área de influencia de las formaciones geológicas identificadas, génesis de los principales tipos de sedimentos así como la determinación paleoambiental.

SED-19

NUEVA INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL PALEOZOICO TARDÍO EN EL ÁREA DE PATLANOAYA-LOS HORNOS, ESTADO DE PUEBLA

Morales-Morales Fermin, Ortega-Gutiérrez Fernando y Elías-Herrera Mariano
Instituto de Geología, UNAM
E-mail: ferminmm@correo.unam.mx

Las rocas sedimentarias paleozoicas que afloran en el área de Patlanoaya (Formación Patlanoaya) originalmente se han interpretado como depósitos sedimentarios de ambiente marino y litoral con influencia continental con un alcance estratigráfico del Misisípico inferior (Osageano) al Pérmico medio (Leonardiano) que cubren en discordancia al Complejo Acatlán. Sin embargo, las relaciones estratigráficas entre la cobertura sedimentaria y su basamento cristalino son más complejas. La existencia de una nueva secuencia sedimentaria aflorando en la barranca Otate al oeste de Patlanoaya, y que se documenta en el presente trabajo, involucra una problemática adicional. La secuencia, nombrada informalmente formación Otate, tiene un espesor de 420 m y esta formada en su base por argilitas,

lutitas, limolitas y pizarras intercaladas con rocas volcánicas de composición básica; en su parte media y superior, en contraste, está formada por areniscas, litarenitas y areniscas conglomeráticas con una influencia mayor de material detrítico grueso. La formación Otate cubre en discordancia al Complejo Acatlán y se encuentra estructuralmente debajo de la Formación Patlanoaya, por lo que se le asigna tentativamente una edad del Devónico Tardío, aunque el contacto entre ambas formaciones no es claro por la presencia del granito Palo Liso no deformado. El granito Palo Liso, plutón de grano grueso, intrusiona a la formación Otate, en tanto que la relación con la Formación Patlanoaya no es clara y puede ser discordante, debido a que en el área cercana de Los Hornos, capas de la Formación Patlanoaya cubren discordantemente al granito Los Hornos, intrusivo correlacionable con el granito Palo Liso, lo cual sugiere la existencia de un evento magmático post-Otates y pre-Patlanoaya.

Las relaciones estratigráficas anteriores tienen las siguientes implicaciones para la evolución tectónica del sur de México durante el Paleozoico tardío: a) se extiende el rango estratigráfico de la cobertura sedimentaria hasta el Devónico Tardío, fortaleciendo una edad Devónico Medio para la orogenia Mixteca en el Complejo Acatlán; b) se infiere la existencia de un pulso orogénico durante el Devónico más tardío para explicar la discordancia entre las formaciones Otate y Patlanoaya así como el evento magmático representado por los granitos Palo Liso y Los Hornos en el área de Patlanoaya-Los Hornos.

SED-20

EVOLUCIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE 8 POZOS EN EL NORESTE DE LA SONDA DE CAMPECHE

Mandujano Velasquez J.¹ y Duncan Keppie J.²

¹ Dirección Ejecutiva de Exploración y Producción, IMP
E-mail: jmanduja@www.imp.mx

² Instituto de Geología, UNAM

Durante estos últimos dos años, los autores han continuado con el estudio de la evolución de algunos de los parámetros que se utilizan dentro del análisis de las cuencas. Uno de estos, consiste en establecer la litología de cada una de las unidades estudiadas, y con base en esto realizar la evolución de las mismas en cada uno de los pozos, para finalmente, establecer la integración de todos estos, y obtener la evolución litoestratigráfica del área de estudio.

El objetivo de este trabajo, es el de analizar la evolución litoestratigráfica de ocho pozos, así como actualizar el análisis litoestratigráfico realizado a 19 pozos presentados en un trabajo anterior, debido al cambio de alcances bioestratigráficos del Mioceno Inferior al Reciente en el área de estudio.

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de la plataforma del Golfo de México, hacia la porción nor-oriental del denominado pilar Reforma Akal, donde el mismo converge con el borde occidental de la plataforma de Yucatán, hacia la

porción nor-oriental marina de la Isla del Carmen, Campeche, lo que comúnmente se denomina Noreste de la Sonda de Campeche.

El establecimiento de la evolución litoestratigráfica, va a tener influencia directa en análisis como el de la subsidencia, y este a su vez nos permitirá hacer inferencias acerca de la evolución tectónica, geodinámica, procedencia, periodos de elevaciones y erosiones, estabilidad tectónica, etc. Así también desde el punto de vista petrolero, ya sea refiriéndonos a los actualmente denominados plays, sistemas petroleros, etc., el establecimiento de la evolución litoestratigráfica, tendrá una relación directa con las condiciones económicas que se deberán predecir, ya que con base a este trabajo, se podrán definir las tan anheladas unidades generadoras, almacenadoras y sello, permitiéndonos establecer la homogeneidad e isotropía de la variación de las propiedades petrofísicas de las mismas, y corroborar de esta forma lo establecido con anterioridad. Asimismo, se podrá ver que datos nuevos concernientes al entorno económico petrolero son interesantes, para tratar de predecir la localización y la mejor forma de explotación de los hidrocarburos.

En este trabajo se realizó el estudio desde el Oxfordiano al Reciente. Iniciaremos mencionando que se observan facies de sal y arenas que cambian a una intercalación de carbonatos con lutitas hacia la cima, durante el Oxfordiano. Para el Kimmeridgiano se observan las dos unidades principales, la inferior terrígena fina y la superior carbonatada. Durante el Tithoniano no existe cambio alguno, ya que se siguen presentando las litofacies correspondientes de lutitas, mudstones, wackestones y dolomías con ligeras variaciones. Asimismo, dentro del intervalo Cretácico Inferior-parte inferior del Cretácico Superior, se continúa observando la consistente secuencia de carbonatos, culminando con los depósitos de la brecha carbonatada del límite Cretácico Superior-Paleoceno.

El análisis de esta información adicional, cambia o inclina la balanza con respecto a la finalización de la sedimentación carbonatada e inicio de la sedimentación terrígena, ya que en el trabajo anterior se había manifestado que esta transición se presentaba en muchas localidades durante el Paleoceno, y en menos proporción en el Eoceno, sin embargo dentro del análisis a estos 8 pozos adicionales, se observa que en 7 de ellos esta transición se observa hasta el Eoceno, y solamente en uno durante Paleoceno.

En lo que concierne al Oligoceno, se siguen manifestando las condiciones de heterogeneidad, estando ausente completamente esta unidad en varios de los pozos, e incompleto en otros, continuando con su característica litología de lutitas con esporádicos horizontes de carbonatos.

Durante el Mioceno, las condiciones de sedimentación siguen homogeneizándose, observándose predominantemente facies terrígenas finas, constituidas por lutitas, y lutitas calcáreas en menor proporción, así como algunas intercalaciones de arenas y carbonatos.

Del Plioceno al Reciente, se observa una mezcla litológica de lutitas con un porcentaje mínimo de areniscas, y solo en uno de los pozos esta relación se invierte.

SED-21

ESTRUCTURAMIENTO DEL PRISMA ESTRATIGRÁFICO EN EL GOLFO DE MÉXICO PROFUNDO

Humberto Alzaga, Leopoldo Hernandez, Valeria Aguilar y Marco Antonio Mayorga
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: halzaga@imp.mx

Se presenta el estructuramiento del Prisma Estratigráfico en el Golfo de México Profundo, la zona comprende entre una batimetría de los 1000 a los 3700 m y se localiza al frente de las costas del estado de Tamaulipas y Veracruz, ubicándose en la región del Talud del Río Grande y Planicie de "Sigbee".

El estudio se lleva a cabo por la necesidad de conocer la geología y potencial petrolero del Golfo de México, estos trabajos se desarrollan con un grupo multidisciplinario de Pemex Exploración y el Instituto del Petróleo.

El actual estado de conocimientos geológicos en Golfo de México Profundo son los resultados de estudios y análisis de la información sísmica 2D y de los métodos potenciales (Magnetometría).

Con base en lo anterior se identifican un basamento de naturaleza volcánica (?), involucrado en la tectónica de apertura del Golfo de México, suprayaciendo descansan rocas sedimentarias que comprenden del Mesozoico al Terciario con un espesor aproximado entre los 10 000 m a 7000 m.

Regionalmente en el prisma estratigráfico se identifican tres zonas de estructuramiento; Desarrollo de subcuencas por una evacuación de rocas dúctiles (evaporitas o arcillas); Deslizamientos del prisma estratigráfico por gravedad originando estructuras de distensión y el correspondiente acortamiento del prisma estratigráfico y la tercera zona con una estructura subhorizontal del prisma rocoso de planicie abisal en actual talud del Golfo de México.

Estas características estratigráficas estructurales en las de rocas que conforman el Golfo de México Profundo son de importancia en la exploración de energéticos en el subsuelo.

LOS PROCESOS REGIONALES DE LA AMBIENTACION DEPOSICIONAL QUE OCURREN EN LA CONSTRUCCION DEL PENEPLANO Y EN LA ISOSTASIA EN LA CORTEZA TERRESTRE

Sandoval Ochoa José Héctor
Facultad de Ingeniería, DICT, UNAM
E-mail: jhsandovaloch@canun.fi-a.unam.mx

Con una revisión de la ambientación deposicional a escala regional para el Análisis de Cuencas de las plataformas y taludes continentales de los mares mexicanos se han identificado cuatro procesos naturales que ocurren y se combinan con diferentes grados de participación en la dinámica deposicional y deformacional tectonosedimentarias; cuyos conceptos y definiciones aquí se proponen. Dos procesos geofísicos: a) el equilibrador y b) el nivelador, que por una parte, con sus contribuciones actúan hacia la compensación isostática. Dos procesos oceanológicos: c) el aportador y d) el dispersador, que por otra parte, con sus productos actúan para construir el peneplano. Los cuatro procesos simultáneamente han estado activos y han delimitado, no sólo la organización estructural sino también, la geomorfología de la plataforma y taludes continentales mediante las progradaciones y agradaciones sedimentarias de las secuencias y columnas de clásticos terrígenos. Gran parte de los rellenos, han sido las series de depósitos lobulares amalgamados y de los retrabajados que también han sido redistribuidos por la hidrodinámica oceánica, principalmente desde el Terciario.

En la distribución están implicados los procesos de ambientación tectonosedimentaria y deformacional de los basamentos con movimientos (bloques sustentadores, del manto superior y mantos salinos basales) y que están impresos en los cuerpos deposicionales suprayacentes internos de las cuencas y subcuencas. Estas han estado en constante deformación y reacomodos en una cinemática que busca la morfología del peneplano y el equilibrio isostático, en un ambiente tanto submarino como continental.

En estos términos el depósito sedimentario y el fenómeno deformacional aparentemente complejo, han seguido, al menos para las plataformas y taludes continentales del Terciario y Reciente, un orden que ha obedecido a los siguientes cuatro procesos naturales ubicuos y permanentes en las márgenes marinas-terrestres:

a) Proceso Equilibrador. Es un proceso geofísico compensador de índole isostático que ocurre en la corteza terrestre sobre cualquier rasgo estructural elevado, deprimido o deformado de rocas, que ha sido perturbado por fenómenos internos y que se da bajo los ambientes tanto marino como continental. Normalmente las partes altas son sujetas a la erosión y pérdida de su carga rocosa, las partes bajas reciben el acarreo y depósito de las rocas transportadas. Éstas a partir de la pila de las secuencias

depositadas y de las partes denudadas, inician el reajuste y balance litostático que tiende a la búsqueda del equilibrio isostático, a veces sin lograrlo. El carácter de este proceso es el de un dominio de la componente del movimiento vertical de masas en su acomodamiento, de subsidencia o elevación de acuerdo a la pesantez de cada una de las columnas sedimentarias. Como resultados de este proceso se pueden considerar los depósitos proximales, los de flujos de gravedad, derrumbes, deslizamientos, los talus, las cargas de glaciares y otros.

b) Proceso Nivelador. Es un proceso geofísico repartidor de índole isostático de erosión, transportación y deposición sedimentarias, que vierte el acarreo y depósito ampliamente en las partes bajas de relieve submarino y terrestre. Es a partir del espacio vacío de una depresión que propende al relleno de las partes bajas para alcanzar el rebosamiento sedimentario y/o acumulación de sedimentos adicional para la búsqueda del peneplano. Tanto las partes altas del relieve residual como la repartición de las acumulaciones sedimentarias en las partes bajas, participan de la búsqueda del equilibrio isostático. El carácter de este proceso es el de un dominio de la componente del movimiento horizontal de masas de acomodamiento, muy amplio de las secuencias sedimentarias. Se pueden incluir entre otros asociados al proceso, los aportes detríticos distales, los hemipelágicos, los de corrientes marinas; los biogénicos y los evaporíticos, en sus depósitos originales, etc.

c) Proceso Aportador. Es un proceso geológico regulador en los ambientes tanto submarino como subaéreo de acarreo y depósito sedimentarios de índole hidrodinámico, que a partir de flujos sobre las regiones marinas y terrestres, denudan, transportan y depositan las columnas sedimentarias en las partes bajas, que al ser rebosadas, pueden tener acumulaciones adicionales. El carácter de este proceso es el de un dominio de la componente del movimiento vertical de masas de acomodamiento que participa en la tendencia al equilibrio isostático. En él se enmarcan los depósitos proximales, los de flujos eólicos, los de corrientes ascendentes de surgencia marina, de oleaje constructivo de playas y barras de arena, los arrecifes con sus talus y las acumulaciones de cuñas sedimentarias imbricadas de un prisma acrecionario de una margen continental activa, y otros.

d) Proceso Dispersador. Es un proceso geológico distribuidor que ocurre en los ambientes tanto submarino como subaéreo, de erosión, acarreo y depósito sedimentarios de índoles orohidrográfico e hidrodinámico, que con sus drenajes contribuyen a la búsqueda del peneplano en ambos ambientes. El carácter de este proceso está en el dominio de la componente del movimiento horizontal de masas de acomodamiento, con una tendencia de distribución muy amplia en las secuencias sedimentarias. En él se enmarcan los depósitos distales, los detritos retrabajados y los aportes

sedimentarios de flujos: de corrientes marinas, de turbiditas y de contornitas; los depósitos eólicos y huracánicos de acción marina, etc.

Para la aplicación de estas cuatro definiciones, se ha dado por descontado que las siguientes condiciones globales, han sido prevalecientes en el tiempo y en el espacio sobre la ambientación deposicional y deformacional: 1- La gravedad y sus implicaciones han estado en una actuación constante. 2- En relación a los diferentes órdenes de magnitud de escala en los análisis realizados, se ha aplicado constantemente el criterio de que la respuesta o expresión geológica de una localidad, en ocasiones se encuentra también en el comportamiento regional o global del marco geológico de su derredor y viceversa. 3- Los cuatro procesos naturales o algunas de sus participaciones deposicionales simultáneas pueden ser identificados en paleocuevas intracróticas del continente mexicano. 4- Se enfatiza que la puesta en escena de los cuatro procesos simultáneos, en la escala regional de la dinámica sedimentaria, resulta en un nuevo concepto de la ambientación deposicional para explicar la evolución geológica en el análisis de las cuencas sedimentarias y de sus potenciales económicos.

CARTELES

SED-23 CARTEL

REPORTE PRELIMINAR SOBRE LOS CONGLOMERADOS PRE-JURASICO SUPERIOR EN LA REGION DE PLACER DE GUADALUPE ESTADO DE CHIHUAHUA, MÉXICO

Miguel Royo-Ochoa¹, Rafael Chávez-Aguirre¹, Jaime Urrutia-Fucugauchi² y Luis M. Alva-Valdivia²

¹ División de Investigación y Posgrado, Facultad de Ingeniería, UACH, Chihuahua, Chih., México
E-mail: mroyoo_2000@yahoo.com

² Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM

El área de Placer de Guadalupe, Chih., se localiza aproximadamente a 90 km. hacia el NE de la ciudad de Chihuahua, Chih.; es conocida en la actualidad, por ser una zona en el norte de México, donde afloran rocas sedimentarias paleozoicas, así como mesozoicas.

El presente estudio, trata de definir la posición estratigráfica, de una serie de rocas sedimentarias detríticas, cuya granulometría varía principalmente de arenosas a conglomeráticas, de color rojizo, y a las cuales se les ha asignado una edad Triásico-Jurásico Inferior, o en última instancia Pre-Jurásico Superior; estas, serán denominadas aquí: Lechos Rojos Triásico-Jurásicos (LRTJ).

La posición de los LRTJ, dentro de la secuencia estratigráfica del área, se pretende establecer en esta etapa inicial, mediante cartografía de detalle, y el análisis estratigráfico y estructural. Estas rocas subyacen

concordantemente a la Formación La Casita del Kimmeridgiano-Tithoniano, y sobreyacen discordantemente a la Formación Verde del Pérmico Superior. Dichas rocas son posiblemente correlacionables con las reportadas por PEMEX en el Pozo-1 de la Sierra de Banco Lucero, y en el Pozo Villa Ahumada-1, así como, con las Formaciones Nazas (Coahuila) y Huizachal (Tamaulipas) del Triásico.

El ambiente de depósito de los LRTJ, se considera de tipo continental a mixto, y al parecer los depósitos van desde sedimentos aluviales hasta fluviales, con predominancia de estos últimos hacia la cima; desarrollados directamente sobre las estructuras formadas por la Orogenia Marathon-Ouachita.

La columna estratigráfica de los LRTJ medida en el afloramiento del Arroyo Los Pandos, fue posible dividirse en ocho miembros, a saber: Miembro No. 1, basal, areniscas, moderadamente clasificadas, subangulosas, con clastos de cuarzo y feldespatos, e intercaladas con areniscas arcillosas, tiene un espesor estratigráfico de 11.71 m, le sobreyace el Miembro No. 2, con areniscas conglomeráticas a conglomerados, predominan los clastos de caliza, angulosos y subangulosos, pobremente clasificados y su espesor es de 0.82 m. El Miembro No. 3, consiste de areniscas moderadamente clasificadas, subangulosas a subredondeadas, con clastos de cuarzo, feldespatos y micas, cementada con sílice, el espesor es de 3.64 m. El Miembro No. 4, son rocas areno-arcillosas, de granos subangulosos a subredondeados, blanda, cementada con CaCO₃, intercaladas entre areniscas, de grano medio, subangulosas, cementadas con sílice, e incluye ligeros horizontes de lutitas y/o limolitas, muy físciles, también, presenta estratificación cruzada, tiene un espesor de 9.78 m. El Miembro No. 5, son areniscas conglomeráticas con clastos de caliza, areniscas y cuarzo, pobremente clasificadas, envueltos en una matriz de grano medio, presenta intercalaciones de areniscas arcillosas hacia la cima y tiene un espesor de 11.12 m. El Miembro No. 6, presenta areniscas, de grano subanguloso, distribución uniforme y minerales como cuarzo, feldespatos, plagioclasas, etc., cementada con sílice, e intercaladas ligeramente con areniscas arcillosas, hacia la cima cambian a areniscas masivas, su espesor es de 17.37 m. El Miembro No. 7, es un cambio transicional de areniscas masivas a areniscas conglomeráticas, siendo evidente, el inicio de regímenes sedimentarios de mayor energía, tiene un espesor de 9.74 m. El Miembro No. 8, consiste de conglomerados, sus tamaños de clasto varían desde 2 mm hasta 31 cm, desde subangulosos hasta redondeados, predominan clastos de cuarzo, caliza, areniscas, lutitas, y por primera vez en la secuencia clastos de origen volcánico en forma de ignimbritas, envueltos en una matriz arenosa, bien cementados, el orden es caótico, con ligeras tendencias de gradación normal, fragmentos de crinoides paleozoicos, hacia la cima es común encontrar elongación preferencial y finaliza en un cambio transicional de ambientes continentales a mixtos y finalmente a marinos que constituyen la base de la Fm. La Casita, tiene un espesor de 59.70 m; así, el espesor total en el afloramiento es de 123.90 m.

SED-24 CARTEL

EL PALEO-LAGO DE AMAJAC, HIDALGO Y LA FORMACIÓN ATOTONILCO EL GRANDE

Javier Arellano Gil¹, Patricia M. Velasco de León² y Rosalba Salvador Flores¹

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM
E-mail: arellano@servidor.unam.mx

² FES, Zaragoza, UNAM

La secuencia sedimentaria estudiada se ubica en las proximidades de Santa María Amajac, Hgo., localidad ubicada a 35 km al norte de Pachuca, Hgo. En esta localidad aflora la Formación Atotonilco El Grande, la cual sobreyace discordantemente a la secuencia Mesozoica (formaciones El Abra y Soyatal). Por las características litológicas, sedimentológicas, estratigráficas y paleontológicas que presenta la Formación Atotonilco El Grande, se interpreta que se acumuló en un ambiente lacustre, en el denominado "Paleolago de Amajac". El origen de este lago se debió al cierre temporal del Río Amajac, evento ocasionado por un deslizamiento de masas que se desprendió de los taludes escarpados del cañón ubicado al noroeste del poblado Doñana; el movimiento se vio favorecido por el intenso fracturamiento que tiene en esta localidad la Formación El Abra. La gravedad y precipitación pluvial actuaron de manera conjunta y ocasionaron una avalancha de materiales de grandes dimensiones, que acumuló una columna heterogénea de cuando menos 160 m de espesor; los escombros cerraron el cañón del Río Amajac dando origen al lago. Se interpreta que la superficie aproximada que alcanzó el lago en tiempos de máxima inundación fue de 80.5 km². Posteriormente al cierre se inició el relleno sedimentario del lago, favorecidos por la erosión y el transporte de sedimentos de las partes elevadas y el aporte de material volcánico (cenizas) hacia la cuenca; lo anterior dio como resultado la acumulación de más de 150 m de espesor de sedimentos detríticos que al litificarse corresponden a conglomerados, areniscas, limolitas, margas y lutitas limosas; se tienen intercalados varios horizontes de cenizas volcánicas ricas en sílice. La sedimentación culminó cuando la erosión actuó sobre la avalancha y el mismo río comenzó a remover los escombros al colmatarse de sedimentos la zona del embalse, evento probablemente asociado a una mayor carga hidráulica debida a una gran precipitación pluvial. Posteriormente siguió una fase intensa de erosión de los sedimentos lacustres quedando en la actualidad únicamente lomeríos de roca lacustre profundamente disectados. La secuencia lacustre presenta gran cantidad de flora y fauna fósil, en relación a la flora se reconocieron a las Familias Salicaceae, Platanaceae, Fagaceae y Rosacea; en cuanto a la fauna, son abundantes los gasterópodos del género *Planorbis*, ostrácodos, peces pequeños, insectos y restos de vertebrados; el insecto pertenece al orden Coleoptera, que por sus características morfológicas se le ubica en la familia Meloide. En menor proporción se encuentran horizontes con estratos que contienen hojas fósiles. Con base en su contenido fósil y en el registro estratigráfico, se le asigna a la Formación Atotonilco El Grande una edad del Plioceno (Blancano).

SED-25 CARTEL

EL PALEOLAGO JURÁSICO DE CHILIXTLAHUACA, NOROESTE DE HUAJUAPAN DE LEÓN, OAX.

Mendoza-Rosales C.¹, Silva-Romo G.¹, Buitrón-Sánchez B.² y Mendoza-Rosales T.³

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM
E-mail: claus@servidor.unam.mx

² Instituto de Geología, UNAM
³ MSD

El objetivo del presente trabajo es precisar la paleogeografía del Jurásico Medio para la región noroccidental de Huajuapán de León con base en nuevos reportes paleontológicos.

La secuencia clástica continental del Jurásico Medio de la Formación Tecomazúchil al noroeste de Huajuapán de León, Oax., incluye una unidad lacustre que consiste en una alternancia de lutitas bituminosas y areniscas arcóscas. Las lutitas contienen fósiles dulceacuícolas, pelecípodos y gasterópodos reportados como *Unio ogamigoensis* Kobayashi y Suzuki y *Pila (Turbinicola?) nipponica* Kobayashi y Suzuki respectivamente con una edad correspondiente al Jurásico Medio.

Regionalmente se ha postulado para el Jurásico Medio (Bajociano-Bathoniano) una reconstrucción paleogeográfica en la cual, hacia el sur y sudoeste del área ocurría sedimentación marina en un ambiente transicional; mientras en la región de estudio, la sedimentación era de carácter continental con desarrollo de sistemas fluviales meándricos en una configuración estructural de pilares y cuencas. El límite con la influencia marina se localizaba un poco al sur de Huajuapán de León.

La presencia de fósiles acuícolas en la secuencia de la Formación Tecomazúchil, cerca de Chilixtlahuaca permite precisar las características ambientales que ocurrían en el sector al norte de Huajuapán de León; en donde existían cuerpos lacustres con condiciones favorables al desarrollo de comunidades de gasterópodos y bivalvos. De tal forma se puede bosquejar la existencia, en algún lapso indeterminado del Jurásico Medio, de un lago al cual drenaba un río con abundante carga de sedimentos arcillosos, que aquí se denomina Paleolago Chilixtlahuaca.

Las lutitas negras portadoras de los fósiles descritos en el presente trabajo se pudieron formar en condiciones reductoras, en un lago con abundantes nutrientes y con una marcada alternancia entre los estadios de aguas estancadas y de corrientes convectivas en la circulación de las aguas del lago debido a cambios estacionales.

Por otro lado la presencia de embalses lacustres es una condición frecuente en sistemas fluviales meándricos como el que se desarrolló en la región.

SED-26 CARTEL

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA 1:50,000 DEL LÍMITE EL BAJÍO-MESA CENTRAL, PORCIÓN SALAMANCA-IRAPUATO, ESTADO DE GUANAJUATO, MÉXICO

Angel Ojeda García^{1,2}, Ángel Fco. Nieto Samaniego², Susana Alaniz Álvarez², Germán Gutiérrez Acuña¹ y Blanca Estela Mata González²

¹ Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, Hermosillo, Sonora

E-mail: cataog@geociencias.unam.mx

² Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro

Se realizó la cartografía geológica de la carta Salamanca y parte de la carta Aldama de INEGI, ambas escala 1:50,000. El área se ubica entre el Cinturón Volcánico Mexicano (CVM) y la Mesa Central (MC). En el trabajo de campo se logró distinguir diecisiete unidades cartografiables. Se encontraron rocas pertenecientes a la Sierra Madre Occidental (SMO), sobre todo en la parte norte del área, al CVM en la parte centro y sur, a la MC y a la Sierra Madre Oriental (SMOr), también en la parte norte en un afloramiento relativamente pequeño. La edad de las rocas en el área abarca desde el Cretácico, para las rocas de SMOr, hasta el Plio-Cuaternario, para las rocas CVM.

La unidad más antigua que se encontró está formada de rocas sedimentarias marinas correspondientes al basamento Mesozoico. Sobre ellas aparecen domos riolíticos que corresponden al volcanismo Oligocénico de riolitas topácíferas de la MC. Se identificaron dos unidades andesíticas, una subyaciendo y la otra cubriendo a los domos. Se separaron tres unidades ignimbríticas de edad Oligoceno-Mioceno Temprano, de las cuales dos de ellas no estaban definidas en trabajos previos de la zona. En este nivel estratigráfico termina el volcanismo ácido y comienza el básico, del cual pudimos distinguir dos unidades de andesita basáltica, las cuales forman grandes mesetas de lava. Adicionalmente, se identificaron aparatos volcánicos con derrames asociados que fueron agrupados en otra unidad. Interpretamos este volcanismo como perteneciente al CVM.

Las fallas más antiguas que se detectaron tienen dirección NW-SE y se localizan en la parte NE del área de estudio. Esas fallas sólo cortan a riolitas de edad Oligocena. Otro conjunto de fallas tiene dirección NE-SW y corta a las rocas ignimbríticas; existe además fallas E-W que cortan a estas unidades. La estructura más importante del área es la falla del Bajío, estructura con rumbo preferencial NW-SE, con un desplazamientos de ~500 que ocurrió en el Mioceno Tardío y que además creo la fosa tectónica llamada El Bajío; esta fosa es el límite septentrional del CVM y el límite meridional del MC. Al parecer este fallamaineto no es el más reciente en el área, pues se logró observar fallas normales N-S que corta a las rocas más jóvenes del área de edad Plioceno-Cuaternario y que al parecer afectan también a la falla El Bajío.

SED-27 CARTEL

HALLAZGO DE MICROFÓSILES DEL STRUNIANO (FAMENNIANO TARDÍO, DEVONIANO TERMINAL) EN SAN SALVADOR PATLANOAYA (PUEBLA, MÉXICO) CONSECUENCIAS GEODINÁMICAS

Luis Antonio Flores De Dios González¹, Daniel Vachard², Joel Ramírez Espinosa¹

¹ Universidad Autónoma de Guerrero

E-mail: jumil85@yahoo.com.mx

² Universite de Lille, Francia

Microfósiles carbonatados, *Petschoria*, *Kettneramina*, *Kamaena* y *Tolypamina*, permiten precisar la bioestratigrafía de la cubierta sedimentaria en San

Salvador Patlanoaya. Estos microfósiles son relativamente característicos del Struniano (Fameniano tardío, Devoniano terminal): los depósitos de este periodo son escasos y están muy poco estudiados en México, y probablemente están confinados a un rift que afectó únicamente a la región de Patlanoaya, en algunas áreas de los estados de Sonora y Chihuahua (México), y a la cuenca de Pedregosa (New México, USA). Este rift estuvo asociado al océano Rheico, el cual se abría, mientras que el Océano Antler probablemente se clausuraba en su totalidad, en este periodo. Como se evidencia por la migración de los fósiles determinados.

A finales del Devónico se suscitaron diversas saturaciones entre placas (la fase del Ligeriano y de Brittany en Europa, el ensamble del Iapetus central, y la saturación del Antler). Consecuentemente pudo haberse generado una primera Pangea: Sin embargo, un mar epicontinental remanente de edad Struniano, persistió en Sonora (Formación Murciélagos y sus equivalentes), ya que mientras el Océano Antler se cerraba, el Océano Rheico se abría durante el Struniano, desarrollando la apertura de la cuenca de Pedregosa, en New México. Este rifteamiento es además el responsable de la apertura de la cuenca en San Salvador Patlanoaya. Por lo que consideramos que estas tres cuencas, posiblemente estuvieron ligadas y que además puede que correspondan un rifteamiento único.

Resultados de análisis de procedencia de circones detríticos encontrados en el horizonte Misisipico de la Formación Patlanoaya indican una fuente Precámbrica mayor a 1500 Ma, muy distinta a los circones detríticos encontrados en unidades similares de la cubierta Carbonífera del Terreno Oaxaqueño, por lo que se discuten algunos modelos de colisión.

Sesión

Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica

Miércoles 6 — Jueves 7

SALA C

MANEJO DE CUENCAS, HIDROLOGÍA Y GEOHIDROLOGÍA

SRSIG-01

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL ACUÍFERO DE GUAYMAS

Silvia Martínez Retama, Genaro Gutiérrez Mancinas y Raúl Cruces Manjarrez
Universidad de Sonora
E-mail: silviam@marina.geologia.uson.mx

El Acuífero de Guaymas es un acuífero relevante por la importancia económica para la región, sin embargo, a partir de la década de los 50's empezó una sobreexplotación que ha puesto en riesgo la producción económica y la estabilidad mínima del acuífero, provocando serios problemas de intrusión salina, por lo que es importante el estudio de su evolución.

El objetivo de este proyecto es obtener información geográfica estructurada que facilite el análisis y la evaluación de la problemática hidrológica del Acuífero de Guaymas, a partir de los datos almacenados en forma digital en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Para llevar a cabo el desarrollo de este sistema se plantearon cuatro etapas, las cuales consistieron en:

- Definición de los objetivos del proyecto.
- Creación de la Base de Datos del SIG.
- Desarrollo del Análisis Geográfico.
- Presentación de los resultados.

El desarrollo e integración de la Base de Datos se realizó en el programa Arc/Info GIS 7.2.1, lográndose un diseño completo, donde se plantearon los modelos conceptual, lógico y físico, que fueron de gran ayuda en el desarrollo de las aplicaciones.

Sobre la base de esta metodología se obtuvieron algunos escenarios, donde se muestra la problemática del acuífero respecto al abatimiento de los niveles estáticos e intrusión salina, para ello se utilizó modelado espacial y vistas tridimensionales con el programa Arcview GIS 3.2, obteniéndose con ello mapas claros y presentaciones visuales que reflejaron el grado de sobreexplotación e intrusión salina a la cual ha sido sometido el acuífero.

SRSIG-02

INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DIGITAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS. EL CASO DE LA CUENCA LERMA CHAPALA SANTIAGO

Francisco Javier Jiménez Nava
Dirección General de Geografía, INEGI
E-mail: fjimenez@dgg.inegi.gob.mx

La segunda mitad del siglo XX fue testigo de la revolución en el posicionamiento geodésico, el desarrollo de la percepción remota satelital, y sobre todo, la determinante influencia de la informática para la conformación de sistemas de información geográfica.

Hoy, con el dinamismo que proporciona la tecnología, la producción y explotación de información geográfica es cada vez más el resultado de equipos de trabajo multidisciplinarios. Cada vez es más frecuente y necesario correlacionar información del medio físico con información socio-económica; lo que permite no solamente realizar un diagnóstico completo de las condiciones naturales, sino también identificar las causas de su deterioro y elaborar pronósticos más reales sobre su evolución.

La perspectiva del manejo de cuencas también ha cambiado; hoy no sólo se refiere al conocimiento, análisis y protección de los recursos hídricos; sino también involucra la capacidad de los suelos, la vegetación, el relieve, el impacto de la población la infraestructura civil para la producción sustentable de bienes y servicios. De esta forma las cuencas se convierten en unidades lógicas para la planeación y la gestión de los recursos naturales.

La Cuenca Lerma Chapala Santiago es sin duda la de mayor interés en la División Hidrográfica del país por el impacto ambiental que ha sufrido, así como por la cantidad de población que concentra: 17 041 463 habitantes (17.4% del total nacional) habitando 25 259 localidades de diversos tamaños.

En este ejercicio, se ha aprovechado la disponibilidad de información geográfica digital que el INEGI produce y actualiza, para integrar un Sistema de Información conteniendo más de 15 capas vectoriales, raster y alfanuméricas, entre las que se destacan: Altimetría, Hidrografía, Vías de Comunicación, Localidades, Fisiografía, Geología, Edafología, Uso del Suelo y Vegetación, Hidrología, Modelo Digital de Elevación e Imágenes de Satélite, Población y Economía.

De esta forma se presentan aplicaciones que analizan el proceso de deforestación en la cuenca, la pérdida de suelos y el consecuente azolve de los cuerpos de agua continentales, el incremento de la superficie irrigada, entre otros casos.

El conocimiento de las características y distribución de los diferentes elementos del medio físico, así como de la infraestructura disponible tienen un trascendente impacto en el

desarrollo social y económico de la región. La viabilidad de proyectos de desarrollo debe estar fundamentada en el manejo de datos geoespaciales, que permitan una visión integral de las variables que inciden en las actividades económicas de esta cuenca.

SRSIG-03

CAMBIO EN LOS PATRONES DE CONSUMO DE AGUA Y CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN (1970-2000)

Alejandra Acosta, Gerardo Bocco y Erna Lopez
Instituto de Ecología, UNAM, Campus Morelia, Mich.
E-mail: acosta@ate.oikos.unam.mx

En la presente investigación se analizó el cambio de uso de suelo urbano, agrícola y pecuario, así como su consumo de agua en la cuenca del lago de Cuitzeo en un periodo de 25 años. La cuenca de estudio es importante porque en ella se encuentra el segundo cuerpo de agua mas grande del país, el cual sufre fuertes periodos de desecación. Este trabajo se realizó a escala semidetallada, se usaron fotografías aéreas a escala 1:50,000 (1975) y a escala 1:37,000 (2000). Se interpretaron 444 fotografías y posteriormente se digitalizo la interpretación en un Sistema de Información Geográfica (SIG). La estimación del consumo de agua se realizo con regresiones lineales entre la población y el consumo de agua; y entre la superficie urbana y el consumo de agua.

Las 26 localidades urbanas (más de 2,500 habitantes) de la cuenca incrementaron su superficie en 7,798 ha sobre cultivos de temporal (42%), cultivos de riego (24%) y otros asentamientos humanos (10%). Los principales tipos de relieve sobre el que se asientan las localidades de la cuenca son laderas muy suaves a suaves, planicies y piedemonte no diferenciado. Los principales tipos de roca sobre los que se asientan las localidades de la cuenca son depositos lacustres, depositos superficiales e igninbritas. Las localidades se encuentran en suelos de tipo vertizol, feozem y litozol.

Los cultivos de riego crecieron 7,519 hectáreas (ha), sobre cultivos de temporal (60%), pastizal (17%) y matorral (8%). Los bordos crecieron en un número de 1,547 (425 ha). Las regresiones lineales indican que las ciudades presentan tres tendencias de crecimiento; 1) son ocho las ciudades donde el crecimiento de la superficie depende del crecimiento poblacional, éstas son las más grandes y atraen población de otras ciudades y del medio rural, 2) las ciudades donde existe una relación intermedia entre el crecimiento poblacional y el crecimiento de la superficie son 14, estas son las ciudades mas pequeñas 3) las ciudades donde la superficie crece pero la población disminuye por migración a los Estados Unidos son dos. El volumen de agua para la población es de 72 millones de metros cúbicos (Mm³), para uso industrial es de 30 Mm³, para agricultura es 64,313 Mm³ y la actividad pecuaria consume 2.8 Mm³.

La expansión de la superficie urbana y el crecimiento de la población están originando una mayor demanda de agua para su consumo. El uso del agua para las actividades productivas del hombre son la principal causa de que esta no llegue al Lago de Cuitzeo. La actividad industrial es baja pero consume grandes volúmenes de agua. El agua para la agricultura se incrementó debido al crecimiento de la superficie de riego y al incremento en el volumen de agua por ha. La cuenca se encuentra en un proceso de ganaderización debido al incremento del ganado y al número de los bordos que se usan para abrevadero.

SRSIG-04

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO EN EL BALANCE HÍDRICO EN GRANDES CUENCAS. EL CASO DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO. MICHOACÁN MÉXICO

Manuel Mendoza¹, Gerardo Bocco² y Erna López¹

¹ Laboratorio de Geoecología, Depto. de Ecología de los Recursos Naturales, Instituto de Ecología, UNAM, Morelia, Mich., México
E-mail: mmendoza@oikos.unam.mx

² Dirección General de Investigación en Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT

El presente estudio evalua el cambio en el balance hídrico espacialmente distribuido (BHED) causado por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo (CCVUS) a nivel regional en una cuenca poco aforada para los años de 1975 y 2000. Los resultados de esta investigación son producto de la integración de herramientas de percepción remota y sistemas de información geográfica con un modelo de balance de agua; además, se utilizaron técnicas de análisis de dinámica de cambio. El análisis del cambio de los componentes del BHED a nivel de formas de relieve y por matrices de transición determinó que durante el periodo de estudio las condiciones hidrológicas regionales de la cuenca no se modificaron sustancialmente. Sin embargo, las planicies y los piedemontes, mostraron un incremento en los valores de escorrentía, como resultado de un incremento de la superficie ocupada por asentamientos humanos. En ambos años, las formas de relieve de las zonas bajas de la cuenca, se apreció que existe fuerte presión sobre el recurso hídrico lo cual repercute en el deterioro del lago de Cuitzeo, principalmente por contaminación y reducción del suministro de agua al vaso. El enfoque integral utilizado puede representar una alternativa viable para entender el cambio en la distribución y cantidad del agua disponible en cuencas poco aforadas como resultado de un CCVUS.

SRSIG-05

CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL Y USO EL TERRENO. EL CASO DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO

Erna López Granados¹, Gerardo Bocco² y Manuel Mendoza¹

¹ Instituto de Ecología, UNAM, Morelia, Mich., México

E-mail: erna@oikos.unam.mx

² Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT

Las actividades humanas han sido reconocidas en años recientes como la mayor fuerza modeladora de la biosfera; estas actividades, más que las fuerzas naturales son responsables de la mayoría de los cambios contemporáneos en los flujos y estados de la biosfera. El lago de Cuitzeo se encuentra en proceso de desecación, por lo que se consideró importante conocer las dinámicas del cambio de la cobertura vegetal y el uso de suelo a escala semidetallada (1:50,000 y 1:37,000) en los últimos años 25 años. La digitalización de la interpretación de las fotografías aéreas, de la cartografía de la zona de estudio; así como el modelamiento de las bases de datos y la salida de los mapas finales, se realizó con ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG). En este trabajo se presentan 12 categorías diferentes de cobertura vegetal y uso de suelo; sobresalen las categorías de matorrales y bosques por presentar actualmente mayores superficies que en 1975. En especial; los matorrales presentan el mayor aumento en su área (18.6% en el año de 1975 a 23.5% en el año 2000). Los matorrales se han desarrollado principalmente en las zonas de cultivos de temporal, debido a que los dueños de los campos de cultivo han abandonado sus tierras en busca de mejores oportunidades de vida; situación que los ha llevado a migrar a la capital del estado y del país; así como a los Estados Unidos de Norteamérica. El lago de Cuitzeo disminuyó su extensión en los últimos 25 años, este fenómeno obedece a varios factores, entre los que podemos citar el consumo de agua en diferentes actividades productivas (que impiden que el agua llegue al vaso) y al crecimiento de la vegetación acuática.

SRSIG-06

LOS HUMEDALES DEL DELTA DEL COLORADO

Alejandro Hinojosa¹, Leal Mertes², Lourdes Mexicano¹, Octavio Meillon¹, Joseph Scepan² y Zackary Stanley²

¹ Depto. de Geología, CICESE

E-mail: alhinc@cicese.mx

² Geography Dept. UCSB

Los humedales son ecosistemas de gran importancia por los procesos hidrológicos y ecológicos que en ellos ocurren, por la diversidad biológica que sustentan y en muchos casos constituyen hábitats críticos para especies seriamente amenazadas. Son ecosistemas que requieren de un suministro constante de agua y que se ven afectados por eventos que suceden aguas arriba de los cauces que los alimentan, como la construcción de presas, el desvío de los caudales hacia zonas de cultivo y para uso urbano. Desde inicios del siglo XX, las

aguas del río Colorado han sido progresivamente sometidas a un control que por un lado han habilitado el florecimiento de una economía en una zona desértica pero por otro, han abatido el suministro de agua a los humedales del delta del Colorado, con su consecuente deterioro.

Eventos de variabilidad climática que han inducido deshielo anormal en las partes altas de la cuenca, como los ocurridos en 1980 y entre 1983-1985, forzaron la liberación controlada de agua de las presas, aumentando drásticamente el caudal que llega a los humedales del delta del Colorado, provocando inundación extensiva, situación que ocurría anualmente antes de la construcción de la primer gran presa en 1934.

La descarga de agua salobre por drenes agrícolas como el canal Welton-Mohawk, ha dado como resultado la formación de la ciénega de Santa Clara, un humedal que no se observa antes de 1972. Este efecto secundario ha tenido un impacto positivo sobre los ecosistemas en esa área.

Se realizó un análisis de delta del río Colorado, de 1972 a la fecha, de los eventos de inundación y sequía por medio de imágenes satelitales MSS, TM, ETM é Ikonos; estimando la extensión de las áreas inundadas, su variación en el tiempo y los efectos en las áreas riparias contiguas.

En función del flujo EU-México, se puso énfasis en los eventos anómalos como inundación extensiva (1984) y sequía extrema (1990), trabajando con imágenes muestra de baja resolución para una perspectiva general y con imágenes de resolución completa (TM) para estimar extensión de la inundación, grado de sequía e índices de vegetación en las zonas contiguas al cauce del río Colorado. Con imágenes Ikonos de alta resolución espacial, se analizó las comunidades vegetales en la zona riparia. Este es un esfuerzo encaminado a apoyar la conservación y restauración de los humedales del delta del Colorado.

SRSIG-07

ANÁLISIS NUMÉRICO DEL RELIEVE Y SU PAPEL EN LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA Y LA DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN. CASO: CENTRO DE MÉXICO

Andrea Bolongaro-Crevenna Recaséns¹⁻²⁻³, Vicente Torres Rodríguez¹ y Valentino Sorani³

¹ Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C.

E-mail: anide@terra.com.mx

² Facultad de Ciencias Biológicas, UAEM

³ Laboratorio Interdisciplinario de Sistemas de Información Geográfica, CEAMISH, UAEM

La distribución de una especie en espacio y tiempo es el resultado de la conjunción de un número amplio de factores ambientales cuyos efectos simultáneos y a veces acumulativo conducen a reunir las condiciones para que una especie viva y se desarrolle en un punto específico. Entre los factores que definen una distribución de especies en particular se encuentran el clima, la disponibilidad de agua, la disponibilidad

de alimento, de refugio y de condiciones topográficas. En este trabajo se proponen herramientas para la descripción, cuantificación y análisis espacial de estos parámetros ambientales para conocer su relación con la distribución de la vegetación. La zona de aplicación comprendió al Estado de Morelos, localizado en el centro de México.

El método aplicado consistió en la generación de pseudoimágenes de la mayoría de las variables ambientales susceptibles de ser representadas espacialmente, con el auxilio de procedimientos de interpolación espacial. Las variables estudiadas fueron: 1) Climáticas: precipitación, evaporación y temperatura. 2) Hidrológicas: escurrimiento superficial. 3) Relieve: análisis de curvatura, geoformas analíticas, insolación potencial, orientación de laderas, pendiente topográfica y humedad topográfica. Para determinar las posibles relaciones entre los atributos ambientales y la disponibilidad de agua con la distribución de la vegetación se realizaron operaciones de aritmética, álgebra y análisis de estas pseudoimágenes, teniendo como variable de respuesta imágenes de sensores remotos de índices de vegetación mensuales. Se emplearon imágenes AVHRR, ASTER, IKONOS y Landsat de varias temporadas.

Se encontró que los factores que favorecen la retención de agua para los procesos biológicos son la presencia de pendientes topográficas suaves, valores altos en atributos puntuales del relieve como presencia de huecos, hondonadas y pasos, y valores altos en atributos de superficies del relieve como son acanalamientos. Las menores disponibilidades de agua se cuantificaron en relieves con altos valores de formas convexas. Por su parte, el análisis de pseudoimágenes climatológicas de un periodo de 40 años mostró que el gradiente de precipitación pluvial acumulativa en zonas boscosas del Estado de Morelos disminuyó en más de 200 mm anuales en tal periodo.

SRSIG-08

ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROGRAMAS PARA LA EXTRACCIÓN AUTOMÁTICA DE REDES HIDROLÓGICAS

Johanna Morales Whitney¹ y Gabriel Origel Gutiérrez²

¹ Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

E-mail: abc_map@hotmail.com

² Instituto de Geofísica, UNAM

Tradicionalmente en la cartografía digital las capas vectoriales que representan redes hidrológicas se han generado a partir de la digitalización de mapas topográficos. Alternativamente, debido a la mayor accesibilidad y uso de Modelos Digitales de Elevación (DEM), se han implementado en algunos programas de análisis raster y Sistemas de Información Geográfica (SIG) las funciones espaciales que permiten su extracción automatizada. En esta trabajo se presenta un reporte del procesamiento de un DEM para la extracción automática de la red hidrológica comparando los resultados entre las extensiones Hydrologic Modeling y Spatial

Analyst de ArcView 3.2 (de ESRI, <http://www.esri.com>) y RiverTools (de RSI, <http://www.rsinc.com>). El objetivo principal fue detectar las ventajas y desventajas de cada uno, así como proponer algunas técnicas que permiten mejorar su calidad y exactitud. Como datos para realizar el análisis se seleccionó aleatoriamente un archivo del DEM GEMA del INEGI, al mismo se le aplicaron las operaciones espaciales para generar un modelo de flujo, después se creó un archivo vectorial que incluye toda la red hidrológica del área comprendida en el DEM. A partir de estos archivos se realizó la comparación entre los resultados de cada uno. Para tener una aproximación de su exactitud se sobrepusieron y compararon visualmente con imágenes georreferidas de la cartografía topográfica a escalas 1:250,000 y 50,000 del INEGI. Se detectó que las extensiones de ArcView por estar desarrolladas para un SIG modular permiten mayor integración con diversos análisis espaciales, sin embargo la configuración de la red fue mejor en el sistema RiverTools. La principal diferencia se encuentra en el algoritmo utilizado para crear el modelo de flujo, así como las adaptaciones especiales que se pueden aplicar en zonas planas, cuya morfología complica la detección de los cauces y produce la traza de vectores inexistentes. Para reducir este tipo de problemas y mejorar la calidad se recomiendan las siguientes medidas: evaluar el DEM original, detectar y disminuir en lo posible los errores evidentes en el mismo, aplicar las funciones de máscara en zonas donde el cálculo se complicaría y utilizar algoritmos especiales para zonas planas. Finalmente, para el caso de estudios con mayor interés en el análisis hidrológico, se recomienda utilizar las aplicaciones gráficas que permiten trabajar exclusivamente dentro de límites de cuenca definidos por el usuario, creando así archivos vectoriales con bases de datos que incluyen toda una serie de parámetros hidrológicos tales como la pendiente promedio, la distancia vertical, el orden de Strahler, la densidad de drenaje, entre otros.

SRSIG-09

ADECUACIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS (DRASTIC), MEDIANTE EL USO DEL TRAZADO DE PARTÍCULAS EN EL ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, MEDIANTE EL USO DE SIG VECTOR

Roberto Franco Plata y Noel Bonfilio Pineda Jaimes

Facultad de Geografía, UAEM

E-mail: rfp@uamex.mx

Para llevar a cabo una administración segura de los recursos hídricos, la mejor forma es protegerlos contra la contaminación para este fin, y uno de los métodos más utilizados es sin lugar a duda la cartografía de vulnerabilidad de acuíferos.

En este sentido, considerando el incremento acelerado de fuentes potencialmente contaminantes en el valle de Toluca, así como la ausencia total de herramientas de protección del acuífero, se definió el objetivo de este trabajo, el cual consistió en evaluar el estado de vulnerabilidad del acuífero de la Cuenca

Alta del Río Lerma, perteneciente al Curso Alto de la Cuenca Alta del Río Lerma en el Estado de México, mediante la aplicación combinada del método de análisis de vulnerabilidad (DRASTIC) y la modelación numérica con VisualMODFLOW.

En primera instancia y tras el análisis de la información disponible (geología, edafología e hidrogeología) se confeccionó un mapa de vulnerabilidad mediante la metodología DRASTIC, con el apoyo de los sistemas de información geográfica. Posteriormente, este mapa de vulnerabilidad original, fue adecuado mediante el uso de la modelación numérica, la cual consistió en delimitar nuevas áreas a proteger, considerando la contaminación que en ellas podrían generarse; ya que de alcanzar el acuífero, podrán en un plazo igual o menor a 50 años deteriorar la calidad de importantes fuentes de abastecimiento de agua subterránea del territorio.

Finalmente, se presentan dos mapas de vulnerabilidad, uno generado por la metodología DRASTIC, que de manera general permitirá el ordenamiento adecuado de las actividades, potencialmente contaminantes del territorio, así como, el análisis de riesgos de dichas actividades que podrían contaminar el acuífero; el siguiente mapa permite además, realizar una protección complementaria a áreas específicas, seleccionadas de acuerdo al interés socioeconómico que tienen en el área de estudio.

INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS URBANOS

SRSIG-10

EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOESTADÍSTICA PARA EL TRANSPORTE (SIGET), PLATAFORMA PARA EL ANÁLISIS ESPACIAL MULTIFACTORIAL DE LA PLANEACIÓN SECTORIAL DEL TRANSPORTE

Miguel Ángel Backhoff Pohls, Juan Carlos Vázquez Paulino y
Gilberto Núñez Rodríguez
Instituto Mexicano del Transporte
E-mail: backhoff@imt.mx

El SIGET es el resultado de un proyecto que eslabona distintas actividades, conjugadas desde el principio con el objetivo de proporcionar una herramienta que contribuya a la planeación, gestión y operación del sistema de transporte nacional. Entre las actividades realizadas destacan dos, por un lado, la correspondiente a la construcción del cimiento del sistema en sí mismo, es decir, a la generación de la información georreferenciada, mediante el levantamiento del Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte, con el empleo del GPS; la segunda actividad consistió en diseñar, integrar, estructurar y programar, las funciones, operaciones e interfaz gráfica del SIGET.

Se reseñan algunas de las aplicaciones multitemáticas desarrolladas con base en el SIGET; así, se demuestra la importancia y el potencial de utilización para la planeación y gestión territorial, específicamente para los Centros SCT y oficinas centrales de la Secretaría, sustentados en los avances parciales de proyectos realizados con datos de diferentes entidades federativas, escalas y contenidos. Los proyectos presentados son: "Sistema para la evaluación espacial de riesgos en la red nacional de carreteras", del cual se deriva la versión piloto de un subsistema para la atención de emergencias en caso de desastres naturales; el segundo se encuentra en su fase inicial y se titula "Transporte y accesibilidad en la cobertura regional de los servicios básicos de educación y salud en México" y, por último, "Sistema de Información Geográfica para el proceso binacional de planeación y programación del transporte fronterizo", orientado a las 6 entidades federativas del Norte del país, en coordinación con la Subsecretaría de Infraestructura de la SCT.

SRSIG-11

SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS ESPACIAL DE LOS RIESGOS EN LA RED NACIONAL DE CARRETERAS

Ma. Gabriela García Ortega, José Ángel Becerril Casas, Miguel Ángel Backhoff Pohls y Juan Carlos Vázquez Paulino
Instituto Mexicano del Transporte
E-mail: ggarcia@imt.mx

Dada la intensidad y frecuencia creciente de los desastres originados por fenómenos naturales y humanos, y el hecho de que la infraestructura carretera, no sólo es parte del patrimonio nacional expuesto a los riesgos presentes en el territorio nacional, sino que además constituye el medio de acceso vital para la atención de emergencias en caso de desastre, la necesidad de contar con elementos de conocimiento que permitan apoyar las labores asociadas a las distintas fases de la Gestión de Desastres, reclama acciones impostergables. De ahí la propuesta de diseñar un sistema de análisis espacial, especializado en la identificación multifactorial de elementos relacionados con los riesgos (en principio geológico-geomorfológicos e hidrometeorológicos), que pueden afectar la red carretera.

El propósito es formular una metodología de carácter geográfico con base en la utilización de SIGG y GPS, para el establecimiento de estrategias de intervención orientadas a concentrar la atención y los esfuerzos de la administración pública en los factores de riesgo a los que están expuestas las carreteras nacionales, a fin de coadyuvar en la conservación de niveles de calidad y de seguridad aceptables de la infraestructura para el transporte. Ello, a través del manejo, análisis y actualización periódica de información procedente de diversas fuentes (estadísticas, cartográficas, de campo, etc.), relativas a las condiciones ambientales, sociales y económicas que convergen geográficamente y están asociadas a los riesgos que asechan a la infraestructura carretera nacional.

SRSIG-12

LA INTEGRACIÓN DEL ANÁLISIS EXPLORATORIO MULTIVARIADO Y LA MINERÍA DE DATOS EN UN SIG DEDICADO A LA CARACTERIZACIÓN DE LA MARGINACIÓN URBANA

Djamel Toudert¹ y Nora Bringas Rabago²

¹ Instituto de investigaciones Sociales, UABC

E-mail: toudert@uabc.mx

² Colegio de la Frontera Norte, Tijuana

El estudio de la marginación urbana a demás de su enfoque académico constituye en la actualidad un tema de interés en la investigación de posibles soluciones con la elaboración y la implementación de políticas de integración. A pasar de que se admite que la marginación es también un fenómeno de escala integral, la investigación emperica en este rubro se ha enfocado mas bien a la búsqueda de indicadores de medición, dejando un poco de lado la caracterización de los perfiles de marginación con relación al desglose de los niveles espaciales y territoriales.

En el presente estudio intraurbano aplicado a las cinco cabeceras municipales del estado de Baja California, se desarrollo una metodología con el apoyo del análisis exploratorio multivariado para generar una aproximación estadística eficiente de los perfiles de marginación, y en conjunto con la minería de datos se logro la descripción significativa de los perfiles obtenidos. La integración de la información resultante en un SIG permitió una contextualización espacial del fenómeno estudiado y operar los cruces pertinentes con otros datos, abriendo así la posibilidad para la construcción de modelos y simulaciones.

SRSIG-13

USO DE SIG EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS ESTACIONES DE SERVICIO DE CUERNAVACA Y SU ZONA CONURBADA

Rocío Rueda Hurtado y Juan José Ortega Equihua

Sistema de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de
Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

E-mail: rrhsab@intermor.net.mx

La zona de estudio abarca los municipios de Temixco, Xochitepec, Jiutepec, Emiliano Zapata y Cuernavaca, que es la capital del estado, y se ubican al noroeste del mismo. Todos ellos en conjunto conforman desde 1982 "La Zona Conurbada de Cuernavaca". Se incluyen también al municipio de Huitzilac por su posible conurbacion dada la cercanía existente entre este municipio y el de Cuernavaca. Todos estos municipios tienen en conjunto una superficie de 389 km², lo que representa el 13.9% de la superficie total del estado.

El área de estudio se caracteriza por reunir al 42.8% de la población total del estado. De este porcentaje el municipio de Cuernavaca concentra al 54.9%. Además se puede apreciar que la mancha urbana tiene una tendencia de crecimiento hacia el este.

Aunada al crecimiento de la mancha urbana existe una demanda de servicios que ha rebasado la capacidad de las autoridades para dotar de los mismos a la población. No obstante parte del equipamiento urbano depende del capital privado como las estaciones de servicio (gasolineras), que han proliferado en los últimos 5 años. El presente estudio tiene como objetivo el análisis de la distribución de las estaciones de servicio. Para esto se utilizo cartografía censal del INEGI correspondiente a 1995 y al 2000. Con recorridos de campo se ubicaron las gasolineras y se levanto una encuesta con la que se registro la percepción de los habitantes de los alrededores de estas instalaciones. Su ubicación no es totalmente lógica, como se pudo demostrar al hacer uso de cartografía digitalizada de la traza urbana para posteriormente trabajarla con el SIG.

El uso y comparación de la cartografía digital publicada por INEGI en 1995 y en el 2000, permitió comparar la ubicación y distribución de las estaciones de servicio, utilizando un SIG. Con base en esto se consiguieron diferentes datos, por un lado las distancias existentes entre estas ya que existen cuatro que se ubican a una distancia menor a 1km que es la distancia mínima recomendada por la normatividad de Sedesol, además al ser comparada con datos estadísticos se puede observar que de la población que se ve directamente afectada por la ubicación de estas estaciones de servicio solamente el 15.7% cuenta con automóvil, lo que en el aspecto normativo justifica la cantidad de estaciones de servicio que se han instalado pero que a su vez demuestra que la mayor parte de la población no cuenta con vehículo y sin embargo resulta afectada; por otro lado los resultados del análisis espacial demuestran que las estaciones de servicio se ubican en la zona central de la mancha urbana específicamente en el eje que conforman las grandes avenidas. Se observa además la saturación de algunas áreas y el total abandono de otras. El mapa obtenido con el SIG junto con datos estadísticos arrojo como resultado las características de cada una de las estaciones de servicio así como los efectos que tiene dentro de su entorno.

Gracias al SIG se obtuvo una representación objetiva y verídica del medio real donde se realiza el estudio y se puede determinar el comportamiento a futuro del mismo.

SRSIG-14

VERIFICACION DE LA OCUPACION DE RESERVAS TERRITORIALES ASIGNADAS PARA EL CRECIMIENTO DE LA CIUDAD DE MEXICALI, B.C. UTILIZANDO UNA IMAGEN DE SATELITE DE ALTA RESOLUCIÓN

Judith Ley García
Instituto de Investigaciones Sociales, UABC
E-mail: jley@uabc.mx

La ciudad de Mexicali, tanto por su situación fronteriza como por factores diversos, ha presentado, en las últimas décadas un crecimiento acelerado comparado con el promedio nacional (INEGI, 2002). Este crecimiento ha significado una ocupación específica del territorio, siguiendo ciertos patrones que pueden responder o no a lo establecido en planes y programas de desarrollo.

Para la ciudad de Mexicali se asignaron reservas para el crecimiento de la ciudad (SAHOPE, 1991), previendo un período de crecimiento de 20 años que va de 1990 al 2010. Actualmente, al alcanzar el mediano plazo, el estudio del comportamiento real con respecto a la ocupación de las reservas asignadas, resulta pertinente y necesario, convirtiéndose en el objetivo principal del presente trabajo.

La verificación de las reservas, en el contraste entre lo real y lo planeado; así como en la caracterización del patrón de crecimiento urbano, se propone mediante la utilización de una imagen de satélite de alta resolución, instrumento que representa hoy en día, una alternativa precisa y eficiente para el monitoreo urbano.

SRSIG-15

RESULTADO DE AVANCES DE LA APLICACIÓN DE UN SIG (ARC VIEW 3.2) EN AL ANÁLISIS DE LAS ÁREAS VERDES Y RECREATIVAS PÚBLICAS DE LA ZONA CONURBADA DE CUERNAVACA, MORELOS

Rocío Rueda Hurtado y Juan Enrique García Díaz
Sistema de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de
Arquitectura, UAEM
E-mail: rrhsab@intermor.net.mx

El proceso de urbanización de Morelos, producto de una la presión demográfica, ha provocado un gran avance de las actividades productivas y el crecimiento de los asentamientos humanos, que normalmente no coinciden con la vocación del suelo, además de que la falta de planes de ordenamiento en la ZCC ha encontrado a las autoridades impreparadas para dotar estas zonas de urbanización marginal de los servicios públicos necesarios, como las áreas verdes y recreativas públicas. El aumento de necesidades ha sido más rápida que la capacidad para construir la infraestructura urbana indispensable. Por lo que a partir del análisis realizado entre la comparación de la mancha urbana de la Zona Conurbada de Cuernavaca de 1995 con la de 2000 mediante el uso de fotografías aéreas y SIG

(Arc View 3.2) así como de la consulta de censos de población de las mismas fechas las cuales después de hacer un análisis arrojan para el 2010 un incremento en la población de 273,075 hab. en la ZCC, población que demandará aproximadamente una superficie distribuida en toda la zona de 110 Ha., de áreas verdes y recreativas públicas según la normatividad de SEDESOL que indica un área verde de 4.0 m2/hab. Esto nos proporciona la veracidad de las carencias y potencialidades de la zona de estudio.

El avance de los resultados de la aplicación del SIG fue, por un lado la detección de datos básicos faltantes para la comparación entre el área general de la zona de estudio, la cual es de 498.83 km², y el área urbanizada de la misma que es de 138.16 km². En valor porcentual esto significa el 28% de área urbanizada, la que representa el 100% de la ZCC. Ahora, analizando las entidades que conforman la ZCC, existe una en particular que tiene una extensión municipal de 49.23 km² y una mancha urbana de 30.11 km², esto es el 61.16 % de área urbanizada contando con una población de 142,459 hab., a los cuales les correspondería según SEDESOL 27.3 Ha. de área verde pública, contando con apenas 10 Ha.

Finalmente se elaboró un mapa en el cual se vaciaron en su totalidad los resultados obtenidos, indicando las áreas verdes y recreativas públicas con las que cuenta la ZCC.

SRSIG-16

EXPANSIÓN METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO, MONITOREO POR IMÁGENES DE SATELITE Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Clemencia Santos Cerquera¹ y Lizbeth Guarneros Aviles²

¹ Instituto de Geografía, UNAM
E-mail: csc@pumas.iingen.unam.mx
² Instituto de Ingeniería, UNAM

El avance tecnológico y el disponer de información actualizada de imágenes de satélite permite construir un sistema de monitoreo de la expansión urbana en la Ciudad de México en formato digital, aprovechando las ventajas que este tipo de información tiene como es el poder actualizarla constantemente, y lograr estudiar en forma eficiente las necesidades sentidas de la gran metrópoli en la actualidad y enfrentar los problemas que generará en el futuro, pero bajo un sistema que permitirá plantear políticas de desarrollo sin problemas de rezago en la información.

En este sentido no se puede pensar en estudiar la expansión metropolitana sin monitorear el avance del frente urbano y la redensificación de la zona urbana, así como no se puede dejar de lado toda la información estadística sin una representación espacial de los fenómenos que estas nos indican, pues son el reflejo de lo que está sucediendo en el territorio como respuesta de quienes lo habitan, de esta forma estamos hablando de un sistema de información geográfico que permita comprender y tratar de entender bajo diferentes aspectos la realidad.

Se presenta entonces una serie de análisis realizados hasta el momento (ya que el objeto de estudio es muy dinámico) de los diferentes aspectos que nos ofrecen los datos estadísticos y los procesos empleados sobre las imágenes de satélite para dicho estudio.

SRSIG-17

EL USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPAL

Noel B. Pineda Jaimes y Roberto Franco Plata
Facultad de Geografía, UAEM
E-mail: nbpj@uaemex.mx

En los trabajos de ordenamiento territorial se obtienen por su naturaleza una gran cantidad de datos que pueden provenir de diversas fuentes, es correcto afirmar que la eficiencia de almacenamiento, procesamiento y despliegue de estos datos crece considerablemente cuando se emplean herramientas como la computadora.

El presente trabajo plasma una propuesta de ordenamiento territorial municipal tomando como ejes fundamentales el análisis y la planificación territorial así como el uso en estas fases de geotecnologías como son los Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo anterior permite una mejor distribución de la actividades en el espacio tomando en cuenta sus potencialidades y limitantes, así como a mejor organización funcional de territorio y la posibilidad de diversos usos. De esta manera se diseña y propone posibles escenarios en cuanto a la ocupación, utilización y transformación del territorio municipal, lo anterior mediante un modelo que permita la correcta estructuración de los datos, así como su manejo y administración en un "software SIG".

El alcance de este trabajo es realizar una propuesta que permitan formular una metodología en cuanto al uso de herramientas SIG en la planeación territorial municipal, ya que consideramos que este tipo de trabajos aún son escasos en México.

El ámbito de aplicación este trabajo tiene una delimitación político-administrativa que es el municipio, creemos que el circunscribirlo a un territorio local como el municipal estamos garantizando que efectivamente sirva de referencia obligada a futuros trabajos de aplicación e implementación práctica.

AGRICULTURA Y RECURSOS NATURALES

SRSIG-18

ESTUDIO CON IMÁGENES DE SATÉLITE DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO Y DEL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS DEL DISTRITO DE RIEGO 075 RÍO FUERTE, SINALOA

Leonardo Pulido Madrigal y Jorge López de Santa Ana
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
E-mail: lpulido@tlaloc.imta.mx
Comisión Nacional del Agua

Se realizó una investigación durante el año de 1998 con los objetivos de estudiar la relación entre las características químicas de suelos y el rendimiento de cultivos en áreas afectadas por salinidad, con los valores espectrales de imágenes de satélite, y estimar el efecto de la salinidad en el rendimiento y producción de los cultivos en el Distrito de Riego 075 Río Fuerte. En lotes comerciales de 10 hectáreas cada uno sembrados con maíz del ciclo otoño-invierno y primavera-verano, trigo, algodón y sorgo, se tomaron muestras de suelo para analizar el contenido de cationes, conductividad eléctrica (CE, dS/m), porcentaje de sodio intercambiable, pH y nitrógeno del suelo y foliar; asimismo, se tomaron muestras de cosecha para estimar rendimiento y producción. Los datos de suelo obtenidos se analizaron estadísticamente para determinar el grado de relación con el rendimiento, y se correlacionaron con los valores espectrales que se extrajeron de los sitios de muestreo ubicados en imágenes Landsat TM de las bandas TM2 (verde), TM3 (rojo) y TM4 (infrarrojo cercano). Mediante este análisis se generaron modelos de regresión lineal simple y múltiple que sirvieron para establecer que la correlación (r) entre los parámetros químicos y el rendimiento fue diferente entre los cultivos analizados, considerando que los valores de los coeficientes de correlación encontrados variaron entre 0.07 y 0.824, observándose los valores más altos en el maíz y el sorgo para la conductividad eléctrica, el porcentaje de sodio intercambiable, el calcio, sodio y cloruros. El análisis de los parámetros químicos y el rendimiento con los valores espectrales, mostró una mayor relación para el maíz tanto de otoño-invierno como de primavera-verano y el trigo, con la conductividad eléctrica, el rendimiento, el porcentaje de sodio intercambiable, calcio, magnesio, sodio, cloruros, sulfatos y suma de cationes, con valores de r superiores a 0.6. Se identificaron en las imágenes las áreas sembradas en todo el distrito de riego con los cultivos señalados, y con los modelos de regresión lineal múltiple elaborados para estimar conductividad eléctrica y rendimiento a través de los valores espectrales, se generaron mapas de clases de rendimiento y mapas de conductividad eléctrica, que fueron la base para estimar la disminución de rendimiento por efecto de la salinidad en el maíz, trigo, algodón y sorgo.

SRSIG-19

ELABORACION DEL PLAN DE MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES AGUA, SUELO Y PLANTAS DEL COTAS "SILAO-ROMITA", GTO.

Alfredo Gómez Garzón, Ma. Dolores Olvera Salgado, Raúl Medina Mendoza, Werner Wruck S., Héctor Cortés R., German Palma M., Alfonso Aguayo M., Marcia Yañez, David Viramontes y Pedro Rivera

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

E-mail: agomez@tlaloc.imta.mx

Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje, Subcoordinación de Cuencas, Laboratorio de SIG y PR "SIG CUENCAS"

Entre las acciones para el manejo de los recursos naturales agua, suelo y plantas del Estado de Guanajuato se considera a las unidades hidrológicas como la base para realizar la planeación de estas acciones, y con el empleo de herramientas y metodologías como SIG (ArcView, ArcInfo, Idrisi), PR (PCI), información digital (Imágenes de satélite, Modelos de elevación digital 1:50,000 de INEGI, Orthofotos digitales escala 1:20,000, mapas digitales) y la metodología de los Planes de Manejo para producción y conservación de agua, suelo y plantas desarrollada en el IMTA. El caso que se presenta se ubica en el COTAS Silao-Romita en los municipios de Silao, Romita, Guanajuato, San Francisco del Rincón y otros, en una superficie aproximada de 190,000 ha. Este plan requirió para su inicio la recopilación de información de diversas instituciones del estado de Guanajuato como IIEG, el COTAS Silao-Romita, CEAG, INEGI, SDAYR, y otras; El procesamiento de la información temática disponible en SIG (módulos Análisis espacial, 3D Spatial analysis, Image Analysis, digitalización en tableta electrónica y en pantalla) y PR (análisis multispectral), así como el análisis espacial de la misma, y en relación a la caracterización cartográfica que se realizó se obtuvo un diagnóstico de la situación actual y su problemática, así como de la participación organizada de los interlocutores del COTAS, formulándose mapas temáticos y compuestos, como pendientes, uso del suelo, suelos, climas, hidrología, geología, mapas base, y otros; Posteriormente con base en los resultados del diagnóstico se formularon propuestas de manejo considerando los aspectos tanto productivo como conservacionistas, y se elaboró el Plan de Manejo donde aparecen las acciones a realizar cuantificadas (superficie) y su ubicación geográfica, así como sus especificaciones y costos, además de definir las instancias participantes en el Plan y la priorización de áreas en donde iniciarlo, para esto se formularon mapas de diagnóstico y mapas de planeación o manejo. Con este plan se cuenta con elementos que sustentan en forma técnica, social y económica para la puesta en marcha del mismo, lo cual permitirá realizar un manejo con elementos de producción y conservación del agua, suelo y plantas.

SRSIG-20

ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE SEMBRADA EN UN DISTRITO DE RIEGO DE MÉXICO, MEDIANTE TÉCNICAS DE PERCEPCIÓN REMOTA

Oscar Lemus Ramírez, Carlos Fuentes Ruíz y Jorge González Meraz

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos

E-mail: olemus@tlaloc.imta.mx

En las condiciones actuales en las que los abatimientos de los mantos fráticos, la menor disponibilidad de agua en las presas y la contaminación de los cuerpos de agua por diversas vías, obligan a realizar un uso mas eficiente del agua disponible. Con la finalidad de alcanzar a satisfacer la demanda de agua de los agricultores, las áreas autorizadas para siembra deben cumplirse a cabalidad. Conjuntamente la eficiencia de la infraestructura para la conducción del agua de riego debe incrementarse o al menos mantenerse ya que de haber alguna baja en las mismas implican autorizar un mayor volumen que únicamente servirá para ser perdido en los canales de conducción.

En el Distrito de Riego 038 "Río Mayo" de Navojoa, Sonora, se ha notado un decremento en las eficiencias de la red principal de conducción por lo que los representantes legales de los usuarios reclaman mayores volúmenes de agua, sin embargo, para apoyar esta decisión se debe verificar que efectivamente la baja de las eficiencias se debe a un factor físico en los canales y no a un incremento en la superficie sembrada.

Para corroborar este aserto, se planteo el objetivo de estimar la superficie sembrada en el distrito de riego 038 "Río Mayo" Sonora, utilizando imágenes de satélite tipo Landsat 7.

La técnica consistió en tomar la lectura de las coordenadas con un geoposicionador de 216 puntos de cultivo en campo, durante los meses de febrero y marzo de 2002, posteriormente se adquirió una imagen de satélite tipo Landsat 7, esta imagen se corrigió y sobre ella se realizó una clasificación no supervisada con 20 grupos mediante la técnica de lógica confusa (Fuzzy set) posteriormente se realizó una clasificación supervisada, utilizando los puntos como sitios de entrenamiento y mediante inspección visual se redujeron los grupos a 6.

Después se sumó la superficie sembrada, posterior a la fecha de la toma de la imagen, con lo que se obtuvo un total de 83,227 ha, que comparada con la superficie autorizada que es de 82,074 tiene una diferencia de 1,153 ha si le asignamos una dotación volumétrica de 6 millares de m³ de agua por hectárea se obtiene un total de 6,918 millares de m³. Lo que representa el 0.98 % del total del volumen entregado por año, por lo que se considera que no representa un peso significativo en el volumen y operación del distrito.

SRSIG-21

EFFECTO DE LA TOPOGRAFÍA EN LA ESTIMACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE EN LA CUENCA DEL RÍO YAQUI

Adrián Soledad Serna Gil, Jaime Garatuza Payán y Christopher J. Watts

Instituto Tecnológico de Sonora
E-mail: garatuza@yaqui.itson.mx

La Radiación Solar, generalmente se mide de manera puntual sobre superficies planas y su aplicación se hace sin tomar en cuenta la orientación e inclinación de la superficie. El método tradicional de obtener la Radiación Solar (Rs) sobre la superficie de la tierra es por mediciones de campo y, más recientemente, con la utilización de sensores remotos (Pinker *et al.*, 1995; Garatuza *et al.*, 2001). En áreas planas con superficies homogéneas, estas mediciones podrían ser suficientes para conocer la distribución espacial de la radiación solar. Sin embargo, en superficies escabrosas o quebradas, como las zonas montañosas, esto no es suficiente. Dado que la radiación solar es la variable más importante para determinar la evapotranspiración, ésta tiene consecuencias hidrológicas significativas, afectándose el secado del suelo y así la producción de escurrimiento. En este sentido, el objetivo de este trabajo es el de: precisar la cantidad de radiación solar incidente sobre superficies inclinadas a partir de la medición sobre una superficie plana.

Esta investigación se ubica en la región comprendida en el interior de la cuenca del río Yaqui (en el Noroeste de México). Se utilizaron imágenes de GOES-10 (banda visible) y Modelos Digitales de Elevación con resoluciones de 3, 9 y 30 segundos de arco obtenidos del INEGI y USGS. De acuerdo a las condiciones topográficas de la cuenca, pendiente y aspecto, se analizan diversos casos en los que se presenta la radiación solar incidente. Con el fin de probar la funcionalidad del algoritmo, se digitalizaron seis lugares críticos con diferentes condiciones de pendiente y aspecto, utilizando el paquete de cómputo IDRISI-32, tres de los cuales corresponden a los aspectos con ángulos próximos a 90°, mientras que los restantes tienden a valores de 270, verificándose la congruencia de los resultados obtenidos.

Para determinar el efecto de la topografía a diferentes resoluciones, se dividió la cuenca en subcuencas y se determinó la radiación solar incidente promedio antes y después de corregir por topografía. Los resultados muestran que, en general, la radiación solar incidente diaria, tomando en cuenta el efecto de la topografía, es menor, hasta en un 6%, dependiendo de la pendiente promedio de la subcuenca, que para una superficie plana y se incrementa, al reducir la resolución.

El efecto de la orientación de la pendiente resulta también importante, reduciéndose drásticamente la insolación en las pendientes orientadas hacia el norte e incrementándose en

aquellas orientadas hacia el sur. Las orientaciones hacia el este y el oeste tienen poco efecto al considerar la radiación incidente diaria.

SRSIG-22

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Ricardo Saldaña Flores, Ubaldo Miranda Miranda, Jorge M. Huacuz Villamar y Flor Morales Reyes
Gerencia de Energías No Convencionales, Instituto de Investigaciones Eléctricas
E-mail: rsf@iie.org.mx

En 1997 el IIE inició el desarrollo de un sistema de información geográfica sobre energías renovables como una medida para resolver el problema de la falta de información relacionada con la cuantificación de los recursos renovables en nuestro país.

Para su ejecución el desarrollo del sistema fue dividido en las siguientes cuatro etapas:

Etapas 1. Desarrollo de la plataforma del sistema de información

Etapas 2. Habilitación y aplicación a zonas específicas.

Etapas 3. Expansión y aplicación a nivel nacional y publicación en Internet.

Etapas 4. Operación y mantenimiento.

La etapa 1 concluyó en 1998 y consistió en la identificación, selección y adquisición del software y hardware requerido para el desarrollo de la plataforma del sistema.

La etapa 2 consistió en la incorporación de información al sistema sobre energía solar, eólica, microhidráulica y biomasa en zonas específicas. Las actividades desarrolladas en esta etapa fueron:

- Elaboración de mapas mensuales del recurso eólico en la Región Pacífico Norte, B.C.S., La Ventosa, Oax., Costa Caribe, Q. Roo, Moroncarit, Son., Laguna Verde, Ver., y Cerro La Virgen, Zac.
- Evaluación preliminar del recurso biomásico en el estado de Veracruz.
- Elaboración de mapas mensuales de irradiación solar a nivel nacional.
- Evaluación preliminar del recurso microhidráulico en los ríos San Luis Río Colorado, B.C., Tomatlán, Jal., Tehuantepec y Verde, Oax., y Actópan y Tuxpan, Ver.

La etapa 3 consiste en incorporar información al sistema sobre los recursos ampliando la cobertura a nivel nacional incluyendo información sobre potencial geotérmico y su manejo a través de Internet. Esta etapa está actualmente siendo ejecutada y concluirá en diciembre de 2002.

FUSIÓN DE DATOS Y APLICACIONES EN GEOCIENCIAS

SRSIG-23

EL MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN E IMÁGENES LANDSAT TM EN LA IDENTIFICACIÓN DE LINEAMIENTOS Y MAPEO LITOLÓGICO EN LA ZONA DE PUNTA MITA, MÉXICO

Fernández de la Vega-Márquez T. y Prol-Ledesma R.M.
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: thamara_geo@hotmail.com

Imágenes Landsat TM, un Modelo Digital de Elevación (MDE), mapas topográficos y geológicos así como trabajo de campo se combinaron para determinar características geológicas de la zona de Punta Mita; Nayarit. Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación más amplio de esta zona, la cual se ha reportado como de una intensa actividad hidrotermal submarina.

Los Modelos Digitales de Elevación y las imágenes Landsat Thematic Mapper son herramientas que se complementan en la detección de lineamientos y en la clasificación litológica. La metodología utilizada en este trabajo incluye el análisis morfológico y técnicas de realce espacial y espectral. En una primera etapa se realizó el análisis morfológico que consistió en el reconocimiento del patrón de drenaje sobre la carta topográfica 1:50 000, para de este modo identificar tanto la extensión y localización de los materiales que tienen diferencias significativas, como la localización de lineamientos, ya que las corrientes se hallan generalmente controladas por el tipo de material y por zonas de debilidad litológica y estructural. En la segunda etapa se hizo la identificación de los lineamientos sobre el MDE, los cuales fueron representados en diagramas de rosa y fueron comparados con los lineamientos obtenidos del análisis morfológico. Esta identificación fue posible mediante la aplicación de técnicas de realce espacial como filtros direccionales y de frecuencia espacial.

Posteriormente se emplearon técnicas de realce espectral de las que se obtuvieron composiciones en color que mostraron una buena resolución espacial, lo que facilitó la identificación de rasgos geomorfológicos y algunas de las unidades litológicas. Se utilizó un clasificador de máxima verosimilitud para hacer la clasificación litológica sobre las imágenes TM, lo que permitió categorizar y mapear adecuadamente lo identificado en campo. El trabajo de campo confirmó que varios de los lineamientos detectados mediante el análisis

morfológico y el procesamiento del MDE y las imágenes de satélite son fallas cuya orientación preferente queda entre los 60 y 70° NE.

SRSIG-24

FUSION DE LOS MODELOS DIGITALES DEL TERRENO DEL VALLE Y LA BAHIA DE BANDERAS

Aurelio Amado Bernal Campos¹ y Román Alvarez Bejar²

¹ ENEP, UNAM, Aragón

E-mail: abc@uxdea4.iimas.unam.mx

² IIMAS, UNAM

La Bahía y el Valle de Banderas forman parte de la misma estructura tectónica, recientemente propuesta como la Zona de Desgarramiento de Banderas, y que constituye el límite NW del Bloque de Jalisco. El modelo digital de elevación (MDE) de la parte terrestre se encuentra disponible desde hace tiempo; en cambio, la parte marina debió ser generada a partir de ecosondeos efectuados a bordo del B/O El Puma, conjuntados con otros 92 sondeos dispersos obtenidos a bordo del R/V Argo, más observaciones individuales existentes en las cartas de navegación. Con este conjunto de 530 sondeos distribuidos irregularmente en la Bahía de Banderas y sus zonas aledañas, procedimos a generar una malla regular de 250 x 250 puntos con base en un algoritmo de interpolación de splines bicúbicos, que generó el MDE de la Bahía de Banderas. La interpolación se llevó a cabo en la proyección UTM, de tal forma que el resultado pudiera incorporarse directamente al MDE de tierra adentro. El MDE de la Bahía fue contorneado a cada 100 m, lo que permite discernir varias estructuras internas, en particular tres cuencas interiores que denominamos la Cuenca de Cabo Corrientes, la Cuenca de Yelapa y la Cuenca de Majagua, con profundidades máximas respectivas de 1930, 1710 y 1310 m. Al fusionar los dos MDE se puede hacer una representación conjunta de la Bahía y el Valle de Banderas utilizando un mapa de aspecto que revela las principales características conjuntas de los dos grupos de datos.

SRSIG-25

DEFINICION DE CORREDORES SISMOTECTONICOS Y VULNERABILIDAD SISMICA DEL ESTADO DE OAXACA, MEXICO

Jesus Uribe Luna

Consejo de Recursos Minerales

E-mail: juribe@coremismg.gob.mx

Con base en la información digital disponible de estructuras tectónicas regionales, provincias geológicas, unidades litológicas y epicentros sísmicos del Estado de Oaxaca, se definen zonas de riesgo geológico en fallamientos laterales principalmente izquierdos, tectónicamente activos, relacionados a los esfuerzos compresivos entre las placas Cocos y Norte América. Las zonas de riesgo se distribuyen principalmente en los límites tectónicos de las provincias geológicas Mixteca, Zapoteca, Cuicateca y Chatina. Se han

utilizado los epicentros sísmicos de la macro sismicidad ocurrida en el periodo 1991-2000 cuya distribución define las zonas de peligro sísmico. Los valores de profundidad de foco y de magnitud en la escala de Richter se relacionan mediante un algoritmo para obtener los valores de intensidad en la escala de Mercalli. Los valores de intensidad son almacenados en la base de datos de los epicentros y se utilizan en un proceso de interpolación para obtener un modelo de intensidad representado como una superficie de la cual se obtuvieron áreas de igual valor de intensidad o isosistas. Estas son relacionadas espacialmente con las provincias geológicas para obtener unidades sismotectónicas y asu vez son relacionadas con la vulnerabilidad de ciudades y poblaciones en nuevos mapas temáticos de vulnerabilidad urbana y de corredores sismo tectónicos. La configuración espacial de estos últimos define nueve grandes áreas de disipación de energía; la más grande e importante va alineada de Pinotepa Nacional a Salina Cruz en dirección NW75°SE a lo largo del sistema de fallas Juchatengo-Colotepec y Chacalapa-Tehuantepec. Finalmente, el resultado preliminar muestra que las zonas más vulnerables se localizan en el borde sur de dicha región, lo cual lleva a considerar un análisis más detallado en etapas posteriores del proyecto.

SRSIG-26

PROYECTO DE INTEGRACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE CARTOGRAFÍA DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN LA FAJA VOLCÁNICA MEXICANA

Gabriel Origel Gutiérrez y Enrique Cabral Cano
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: abc_map@hotmail.com

La compilación de cartografía digital enfrenta una serie de problemas de estandarización, compatibilidad, inexactitud y carencia de metadatos espaciales. Lo anterior se debe a que el uso cada vez más creciente de sistemas de cómputo para la elaboración de cartografía, aunque facilita su creación no necesariamente incrementa su calidad. De esta forma, la representación de la realidad resulta en muchos de los casos incorrecta. En este estudio se realiza una evaluación de la viabilidad para integrar en un repositorio digital único, la cartografía existente en nuestro país. Para esto, se consideró a la Faja Volcánica Mexicana (FVM) como región representativa de la producción cartográfica actual ya que ha sido una zona de gran interés para el desarrollo de investigaciones geológicas y geofísicas.

Se presenta una propuesta para sistematizar la elaboración de cartografía digital utilizando Sistemas de Información Geográfica. Esta propuesta se generó a partir de la evaluación de una muestra de cartografía en anexos de tesis de la FVM, elaboradas de 1980 a 2000, así como de otros materiales cartográficos editados por la UNAM. Este estudio permitió conocer indicadores relacionados con la calidad en el diseño y la composición de cartografía, principalmente geológica, geomorfológica y geofísica. El análisis estadístico de los

elementos evaluados se utilizó para estimar la calidad en el diseño cartográfico. De esta manera se discute la forma para solucionar los problemas potenciales al efectuar la transformación de la cartografía existente a formato digital, así como para realizar su compilación integrando una Base de Datos Espaciales. Como principal resultado se presenta una guía de procesos para la implementación y desarrollo de bases de datos, la cual es de gran utilidad para generar nueva cartografía digital.

Se concluye que la cartografía evaluada presenta deficiencias que repercuten en su integración al sistema propuesto. La calidad en los anexos cartográficos de las tesis es menor que la correspondiente a la cartografía institucional editada en la UNAM. Por lo tanto, los mapas de las tesis serán más difíciles de integrar. En general, los materiales revisados carecen de elementos como: coordenadas extremas, parámetros de la proyección, caneavá, escala nominal y fuentes de información. Varios de estos elementos son indispensables para reportar indicadores de exactitud en metadatos, así como para estimar errores acumulados en transformaciones y funciones de análisis espacial. La mayoría de los elementos omitidos pertenecen a la base matemática, quizás esto se debe a que se minimiza su importancia. Esto evidencia un problema mayor, una concepción errónea del marco teórico de la cartografía que desvincula sus contenidos artísticos, técnicos y científicos. Lo anterior expone la gravedad de continuar generando materiales cartográficos incompletos.

USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN

SRSIG-27

TRANSFORMACIÓN DE LAS SELVAS Y BOSQUES DEL SUR DE MÉXICO EN LAS ÚLTIMAS TRES DÉCADAS

J.R. Díaz-Gallegos, J.F. Mas, A. Velázquez, G. Bocco y R. Castro
Instituto de Geografía, UNAM
E-mail: jreyesdi@hotmail.com

Este estudio se realizó utilizando la cartografía de uso del suelo y tipos de vegetación del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática de 1970/80 y digitalizada por el Instituto de Geografía de la UNAM y el Instituto Nacional de Ecología y el Inventario Nacional Forestal del 2000 de las zonas 15 y 16 UTM (Universe Transverse de Mercator) que cubren el sur de México, la escala de análisis fue 1:250,000. En ambas bases cartográficas se realizaron varios procedimientos en un SIG para corregirlas espacial y digitalmente y hacerlas equivalentes y comparables.

Los resultados muestran una pérdida de cobertura forestal muy acelerada para el sur de México en un periodo de 23 años. La tasa de deforestación es de 1% para las selvas perennifolias y subperennifolias, 1.6% para las selvas caducifolias y subcaducifolias, 0.5% para los bosques de coníferas, 0.4% para

los bosques de coníferas y latifoliadas y 0.8% para el bosque mesófilo de montaña. las selvas perennifolias y subperennifolias perdieron 2,159,839 ha, las selvas caducifolias y subcaducifolias disminuyeron 1,565,716 ha, los bosques de coníferas decrecieron 49,970 ha y los bosques mesofilos se redujeron 139,032 ha. El patrón de transformación indica que los pastizales inducidos y cultivados son los que mayor cobertura obtuvieron, incrementándose 2,531,523 ha y la agricultura de temporal y de riego se elevaron 1,622,504 ha.

SRSIG-28

SISTEMA DE INFORMACIÓN FITOSANITARIA FORESTAL DE LA SIERRA DE LOBOS Y SIERRA DE GUANAJUATO

Genaro Montesinos Silva¹ y Jorge Daniel Moncada de la Rosa²

¹ Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato
E-mail: genaros@dulcinea.ugto.mx

² Facultad de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad de Guanajuato

La superficie total del Estado de Guanajuato asciende a 3 058 900 has, el área forestal abarca 1 445 617 has (47.5% del total), de las cuales el 22.7% lo representa la superficie cubierta con árboles. La superficie arbolada se compone de 328 521 has, cubiertas principalmente por coníferas y hojosas, en ellas destacan por su importancia los bosques de encino, los cuales poseen una diversidad que incluye entre 15 y 18 especies del género *Quercus*, y han tenido una explotación intensa desde los tiempos coloniales, cuando las necesidades de ademe de las minas y de combustible para los pobladores del área minera, tuvieron como consecuencia la desaparición de los encinares de los alrededores de la ciudad de Guanajuato.

Actualmente los bosques de encino de Guanajuato, aparte de la problemática relacionada con su explotación y manejo, se enfrentan a una nueva dificultad, en forma de manchones de árboles enfermos o muertos en la Sierra de Lobos principalmente, aunque ya existen también reportes de lo mismo en la Sierra de Guanajuato, y en otras áreas del sur del estado. El problema fitosanitario, presumiblemente se debe a la infección de un hongo patógeno del género *Phytophthora*.

En la silvicultura, éste y otros aspectos constituyen desde el punto de vista de la percepción remota, la base para establecer una metodología capaz de proporcionar censos de bosques con regularidad y oportunidad, todo con la finalidad de controlar y explotar racionalmente cada espacio de árbol, de supervisar las zonas dañadas por desastres naturales o por acciones ilegales como la tala inmoderada, además de que permite definir las políticas de conservación y reforestación.

Así pues, para caracterizar el área enferma de los bosques de encino de la Sierra de Lobos y la Sierra de Guanajuato, se están utilizando imágenes LANDSAT TM, de octubre de 1996, 1997, 2000, y 2002, a las que mediante el uso del software TNTmips v 6.4 de MicroImages Inc., se les sustrajo la dispersión (path radiance), y se georeferenciaron. Por medio de vuelos de reconocimiento en helicóptero se georeferenciaron

los sitios con problemas, lo que fue verificado por medio de recorridos de campo, y con el mismo software se ha observado su respuesta espectral, para después por medio de combinaciones y relaciones de proporción entre bandas definir un patrón asociado al estado de sanidad que permita hacer una cuantificación de las superficies respectivas.

Utilizando equipos GARMIN GPS 100 SRVY II con una precisión en XY de 0.5 a 3 m, y mediante recorridos de campo, se están verificando las condiciones de sanidad de sitios seleccionados durante la interpretación de las imágenes.

La decisión de usar imágenes de satélite de tiempos diferentes fue para poder hacer un análisis retrospectivo del avance del problema, así como para tratar de inferir el efecto de las condiciones ambientales, como las de 1997, caracterizadas por medio de una sequía muy fuerte, ya que tienen un papel preponderante en la problemática detectada.

Esta es la primera etapa del desarrollo de un sistema de información fitosanitaria forestal de la entidad, herramienta básica para el adecuado manejo de este recurso natural.

SRSIG-29

VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL EN LA COBERTURA DEL TERRENO DE LA CUENCA LERMA-CHAPALA-SANTIAGO

J.R. Díaz-Gallegos, J.F. Mas, A. Velázquez, R. Mayorga-Saucedo, G. Bocco y R. Castro
Instituto de Geografía, UNAM
E-mail: jreyesdi@hotmail.com

En México los estudios a nivel de regiones hidrológicas han recibido poca atención. El análisis de la variación espacial y temporal de la cobertura del terreno de una Cuenca proporciona una visión de la dinámica y las tendencias en la pérdida de sus recursos forestales e hídricos. Este estudio se realizó utilizando la cartografía de uso del suelo y tipos de vegetación del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática de 1970/80 (Serie I) digitalizada por el Instituto de Geografía de la UNAM y el Instituto Nacional de Ecología, el Inventario Nacional Forestal de 1993 elaborado por el INEGI (Serie II) y el Inventario Nacional Forestal del 2000, la escala de análisis fue 1:250,000. El límite de la región hidrológica Lerma-Chapala-Santiago fue tomado de la CNA-SEMARNAT. En las tres bases cartográficas se realizaron varios procesos en un SIG para corregirlas espacial y digitalmente y hacerlas equivalentes y comparables para este estudio.

Los resultados muestran que la vegetación arbórea de esta cuenca disminuyó 957 km², la vegetación herbácea se incrementó 581 km², la zona lacustre se incrementó 9 km² y la agricultura de riego aumentó 450 km². La disminución de la cobertura arbórea ha sido principalmente por la agricultura de riego, lo que implica una mayor demanda del recurso hídrico de la cuenca. La disminución de la superficie de los cuerpos de agua se ve reflejado en el incremento de la zona lacustre

principalmente del lago de Chapala. La región hidrológica Lerma-Chapala-Santiago, ha presentado procesos de transformación de sus recursos naturales muy severos. Tomando en cuenta la importancia que representa para el país esta cuenca, es necesario realizar una evaluación integral de sus recursos, lo que ayudará a tomar decisiones para su mejor manejo y conservación.

SRSIG-30

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE TERRESTRE UTILIZANDO IMÁGENES NOAA-AVHRR

Lilia Manzo Delgado¹, Román Álvarez², Raúl Aguirre Gómez¹ y Gabriela Gómez Rodríguez¹

¹ Instituto de Geografía, UNAM

E-mail: llmanzo@igiris.igeograf.unam.mx

² Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM

Las bandas correspondientes al infrarrojo termal del espectro electromagnético han sido utilizadas ampliamente para obtener la temperatura superficial del mar. El cálculo de las temperaturas de la superficie terrestre se complica debido a los diferentes valores de emisividad que presentan las rocas, los suelos y la vegetación, además de la influencia de la topografía. En los últimos años se ha incrementado notablemente el interés por obtener la temperatura de la superficie terrestre a través de percepción remota, pese a las dificultades en la estimación, debido a que se considera un elemento clave en los estudios de cambio climático global. El objetivo de este trabajo es calcular y analizar la evolución temporal de la temperatura de la superficie terrestre, usando las imágenes meteorológicas AVHRR del satélite NOAA 14, en una zona piloto ubicada en la región oriental del estado de México, que cubre aproximadamente 21 000 km², durante un periodo de siete meses (noviembre de 1997-mayo de 1998). Para ello, se cuenta con información climática diaria de 9 estaciones y 45 imágenes NOAA-AVHRR con mínima presencia de nubes. La primera etapa de la metodología consistió en obtener la temperatura del satélite por el método de ventana dividida. Posteriormente se superpuso en cada imagen una máscara de nubes y se obtuvieron tres valores de la temperatura para cada estación: 1) en el píxel correspondiente a la estación, 2) el promedio en una ventana de 3 x 3 píxeles alrededor de la estación y 3) el promedio de una ventana de 5 x 5 píxeles, alrededor de la estación. Debido a que el paso del satélite NOAA 14 se efectúa entre las 15:00 y las 16:00 hrs. se tomaron como referencia las temperaturas máximas registradas en las estaciones climáticas. El siguiente paso consistió en ajustar las diferencias de temperatura obtenidas por el satélite, con respecto a la información registrada en las estaciones climáticas. Las gráficas de la evolución temporal de ambas temperaturas máximas presentan un comportamiento muy similar, en donde generalmente los datos del satélite mantiene valores superiores a los registrados en la estación. Una vez ajustados los datos para cada estación se interpolaron

espacialmente y se identificaron las isotermas máximas. Los resultados espaciales se evaluaron tomando como base las cartas climáticas elaborada por E. García en 1996. Esta metodología puede servir para hacer evaluaciones de temperatura en grandes regiones y asociarlas al riesgo de incendio en las mismas.

SRSIG-31

UNA EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LOS ERRORES EN EL MONITOREO DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO POR COMPARACIÓN DE MAPAS

J.F. Mas y T. Fernández

Instituto de Geografía UNAM

E-mail: tania@igiris.igeograf.unam.mx

En los últimos años, se incrementó el número de estudios para evaluar y cartografiar los cambios de cobertura de suelo por las consecuencias negativas que tienen estos sobre la conservación de la biodiversidad, los suelos, el clima, el ciclo hidrológico, etc. México se ubica dentro de los principales países con una alta tasa de deforestación anual, aproximadamente de 0.25% y 0.76% anual de bosque templado y selva tropical respectivamente (Velásquez *et al.*, 2002), este proceso tan acelerado de deforestación se originó principalmente a partir de la década de los treinta con el acelerado crecimiento demográfico y con las políticas agrarias.

Uno de los medios más utilizados para evaluar procesos tales como la deforestación, la degradación, la pérdida de biodiversidad, las emisiones de CO₂, entre otros, se derivan de la comparación de mapas temáticos de diferentes fechas, principalmente los de uso de suelo y vegetación, para evaluar los cambios en la cubierta vegetal a lo largo de los años. En teoría la obtención de los cambios a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una operación muy sencilla, al sobreponer dos mapas de fechas diferentes se obtienen los tipos de cambio, su superficie y localización. Sin embargo al comparar mapas temáticos hay que tener en cuenta sus principales características como escala, sistema clasificatorio, fecha de elaboración y los insumos utilizados.

Este trabajo trata de evaluar y cuantificar los errores relacionados con el análisis del cambio de uso de suelo y vegetación. Se evaluaron los errores generados al comparar cartografía digital en dos escalas distintas, mapas obtenidos mediante diversos procesos de digitalización: sistemas clasificatorios diferentes para cartografía de una misma fecha y las fechas en las que fueron elaboradas las cartas de uso de suelo y vegetación del INEGI.

SRSIG-32

PROPUESTA METODOLÓGICA DE SIG PARA INFERIR EL TIPO DE FACTORES QUE INCIDEN EN LA DEFORESTACIÓN DE BOSQUES Y SELVAS EN MICHOACÁN, 1976-2000

José Luis Pérez Damián y Josefina Gabriel Morales
Dirección de Investigación en Ordenamiento Ecológico y
Conservación de Ecosistemas, Instituto Nacional de Ecología
E-mail: jldamian@ine.gob.mx

La posición geográfica así como la configuración del relieve del estado de Michoacán, condicionan la presencia de variados ecosistemas, desde el Matorral Xerófilo hasta el Bosque Mesófilo de Montaña. Actualmente, destacan, por su extensión territorial, los bosques y selvas que en conjunto abarcan más de la mitad de la superficie estatal (26% y 29% respectivamente). Estos ecosistemas están constituidos por una gran diversidad de especies, muchas de ellas poseen un alto valor de uso (maderas duras y blandas; especies comestibles; de uso medicinal; ornamental; etcétera, además de las funciones ecológicas que desempeñan en los procesos físico-bióticos). Es, precisamente, esta propiedad de uso de los bosques y selvas, lo que ha provocado la alteración y la pérdida de los mismos, tan sólo en los últimos 24 años se ha perdido poco más de una décima parte de bosque y el 15% de selva. También resalta el hecho de que de ese 26% de superficie de bosque el 11% corresponde a bosque secundario y, en cuanto a la selva, del 29% de la superficie que ocupan, el 17% es selva secundaria.

Ante la situación descrita, el propósito del presente estudio es determinar la relación existente entre la tasa de deforestación de bosques y selvas y la presencia antrópica en las áreas que ocupan los ecosistemas referidos. El procedimiento para lograr el objetivo es el siguiente: 1. Definición de cuencas hidrológicas en Michoacán (a partir de curvas de nivel y corrientes superficiales); 2. Cálculo de la tasa de deforestación, índice de dispersión de la población (por localidad) y, densidad de la red carretera, para los cálculos se toma como unidad de análisis las cuencas hidrológicas; 3. Análisis de correlación de los indicadores; 4. Para la elaboración del mapa final, la interpretación de los valores de correlación se complementa con una matriz de criterios con el fin de explicar los resultados obtenidos. 5. Elaboración del mapa final acompañado de una leyenda explícita de los posibles factores que inciden en el proceso de deforestación. El manejo de la información se realizó en Arc/Info y para el análisis estadístico se recurrió al S-Plus (programa de análisis estadístico) y Excel.

SRSIG-33

EVALUACION DEL CAMBIO DE USO SUELO EN LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE MÉXICO CON IMÁGENES MSS

Moisés Huicochea Campos¹, Rosa Maria Prol-Ledesma² y Marco Antonio Torres-Vera³

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

E-mail: mhuico@yahoo.com

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Instituto de Geografía, UNAM

En todo el mundo, la deforestación, la contaminación y otras formas destructivas de los ecosistemas avanzan de manera acelerada y la ciudad de México no es la excepción. En la ciudad de México, el cambio de uso de suelo entre las décadas de los setentas y los noventas ha aumentado de una manera realmente alarmante.

La Cuenca de México, cuyas parte central y sudoeste son ocupadas por el área urbana de la Ciudad de México, esta localizada sobre el borde del sur de la Meseta Central, sobre un segmento de la Faja Volcánica Transmexicana que se desarrolló durante el Pliocene-Holocene. La Cuenca de México es una cuenca cerrada, que fue creado con el cierre del antiguo Valle de México debido a vulcanismo basáltico-andesítico donde se formó la Sierra de Chichinautzin al sur de la ciudad. Esta riqueza de ambientes y geoformas ha dado origen a una diversidad de usos de suelo en el área, que debido al crecimiento de la población en la ciudad se ha visto modificado en las ultimas 4 décadas.

Uno de los usos de suelo más afectados es el de uso forestal, que en la ciudad de México como en muchos de los grandes centros urbanos es perturbado para satisfacer las necesidades básicas de vivienda de la población. Sin contar que los bosques ayudan a mantener el equilibrio de los ecosistemas y es en estas áreas boscosas donde se recargan los mantos acuíferos que nutren de agua a la mayor parte de la ciudad.

Mediante el uso de imágenes MSS adquiridas en 1973 y 1989, se evaluó el cambio de uso de suelo entre estas dos décadas. Los usos de suelos se clasificaron en 6 tipos diferentes: bosques de coníferas, bosques de encino-vegetación alterada, pasto, zonas urbano-residenciales, urbano-comercial y suelos denudados. El cambio más notable de uso de suelo se calculó en la zona de bosques de encino-vegetación alterada que cambió en un 33% a zona urbano-residencial en este intervalo de tiempo. Otro cambio importante es en los suelos ocupados por pastizales, que cambiaron en un 70% a zona urbano-residencial, la cual a su vez cambia en un 17% a urbano-comercial.

SRSIG-34

CAMBIO DE USO DE SUELO DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL

Mayorga-Saucedo R., A. Velázquez, J.R. Díaz-Gallegos y J.F. Mas

Instituto de Geografía, UNAM
E-mail: rafael_mayorga@hotmail.com

El bosque mesófilo de montaña (sensu Rzedowski) posee una diversidad biológica alta (mas de 3,000 especies de plantas vasculares) y alberga un alto porcentaje de organismos amenazados y endémicos. Ocupa menos del 1% del territorio nacional y es el tipo de vegetación más diverso por unidad de superficie. Estos bosques de distribuyen a manera de islas en las laderas húmedas de la mayoría de las montañas mexicanas, actualmente la distribución de estos bosques está sumamente fragmentada. Esta condición se está volviendo cada vez mas pronunciada por actividades que promueven el cambio de uso de la tierra, acelerando la deforestación.

El análisis de cambio se orienta principalmente a la transformación que han sufrido los bosques mesófilos de montaña de la Sierra Madre Oriental.

En este estudio se utilizó la cartografía de uso de suelo y tipos de vegetación del INEGI serie I (1970/80) y el Inventario Forestal Nacional de 2000. El área de estudio corresponde a la Provincia de la Sierra Madre Oriental y es producto de la fusión de dos sistemas de clasificación, el de "Provincias bióticas" (Ferrusquía-Villafranca, 1990) y el de "Provincias biogeográficas" (CONABIO, 1997).

La Sierra Madre Oriental cubre una superficie de 7,335,837 ha y en ella se distribuye el 18.5% de los bosques mesófilos de montaña de México (BMM). Los BMM ocupan una superficie nacional de 1,735,618 ha, es decir el 0.89% (IFN-2000). En el año 1976 el bosque mesófilo de montaña cubría una superficie de 320,259 ha de las cuales 247,335 ha son vegetación primaria; y para el 2000 cubría 277,264 ha de las cuales 161,883 ha son vegetación primaria. La superficie de pérdida en el periodo de 1976 a 2000 es de 85,452 ha; en éste periodo el 52% (127,718 ha) del bosque mesófilo de montaña en su condición primaria permaneció sin cambio; el 16% (38,495) se degradó, es decir pasó a su condición secundaria; el 15% (36,921) y el 11% (26,741) cambió a pastizal y cobertura antrópica respectivamente. Esta transformación es dada principalmente por la actividad agrícola y ganadera extensiva, por ello se sugiere implementar programas de manejo de recursos que permitan aumentar notablemente la productividad en condiciones naturales.

SRSIG-35

MONITOREO DE LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN EN MÉXICO

J.F. Mas, A. Velázquez, J.R. Díaz, R. Mayorga, C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández y A. Pérez

Instituto de Geografía UNAM
E-mail: jfmas@igiris.igeograf.unam.mx

Los cambios de uso del suelo y vegetación juegan un papel importante el ciclo hidrológico, la erosión, la pérdida de biodiversidad y los cambios climáticos a nivel regional y global entre otros. No obstante, en muchos países donde ocurren estos cambios a un ritmo elevado, no existe información confiable y detallada sobre los mismos. Por ejemplo, en México, las estimaciones de la tasa de deforestación varían entre 365,000 y 1,500,000 hectáreas por año. El objetivo del presente trabajo fue de generar una base de datos geográfica, a escala semi-detallada (1:250,000), sobre los cambios de uso del suelo y vegetación.

En una primera etapa, se llevó a cabo la revisión de las bases de datos cartográficas disponibles a nivel nacional para seleccionar aquellas que sean compatibles en cuanto a la escala y el sistema clasificatorio. Se seleccionaron dos bases cartográficas del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y la cartografía del Inventario Forestal Nacional 2000 que describen, respectivamente, el uso del suelo y vegetación para el final de la década de los setenta, 1993 y 2000. En una siguiente fase, se desarrollaron diferentes mecanismos para mejorar la confiabilidad y la compatibilidad de estos datos. Finalmente se generaron mapas y matrices de cambios, se calcularon tasas de cambios y se elaboraron diferentes escenarios futuros. Este trabajo permitió mostrar que entre 1976 y 2000, la superficie de bosques templados y tropicales disminuyó de 377,600 a 314,300 y de 352,000 a 331,200 km² respectivamente.

SRSIG-36

COMPARACIÓN CUANTITATIVA DE DOS MAPAS DE VEGETACIÓN OBTENIDOS A PARTIR DE IMÁGENES AVHRR Y ETM+

Vega Guzmán Álvaro¹ y López García José²

¹ Facultad de Filosofía y Letras, UNAM

E-mail: alvga_geo@hotmail.com

² Instituto de Geografía, UNAM

Utilizando fotografías aéreas convencionales y digitales adquiridas el 26 de noviembre del 2001, se interpretaron estereoscópicamente los diferentes tipos de vegetación existentes en el área natural protegida "Corredor Biológico Chichinautzin", ubicada en la parte norte del estado de Morelos, México. Los polígonos obtenidos, con una superficie no menor a 1 km², sirvieron como áreas de muestreo de los tipos de vegetación, que una vez verificados en campo, permitieron seleccionar, de los datos de las imágenes AVHRR y

ETM+ del 21 de marzo del 2000, pixeles cuya respuesta espectral definieran los tipos de vegetación de la zona y con ellos clasificar dichas imágenes para obtener la cartografía de la vegetación a dos diferentes resoluciones espaciales. Los resultados de las dos clasificaciones fueron comparados con los puntos de muestreo de campo para establecer la exactitud de dichas clasificaciones y del mismo modo, los polígonos de los tipos de vegetación obtenidos mediante fotointerpretación fueron utilizados como elementos de comparación para precisar con mayor exactitud la calidad de las clasificaciones realizadas.

La cartografía de los tipos de vegetación obtenida de las imágenes AVHRR y ETM+, así como las áreas de muestreo fueron comparadas con el objetivo de definir cuantitativamente la pérdida o ganancia de información al elaborar mapas de vegetación con imágenes de satélite de baja resolución espacial. Se comparó también, la respuesta espectral de los diferentes tipos de vegetación en ambos datos satelitales para establecer cual es el comportamiento espectral de la vegetación al manipular datos de diferente resolución radiométrica de la misma zona en estudio.

SRSIG-37

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES ENDÉMICAS PARA ESTABLECER HÁBITATS RELEVANTES EN LA SIERRA DE LA LAGUNA, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

José Luis León de la Luz y Aurora Breceda
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste
E-mail: abreceda@cibnor.mx

La Sierra de La Laguna se localiza en el extremo sur Baja California Sur, México, fue decretada como Reserva de Biosfera en 1994. Esta serranía alberga comunidades vegetales relictas con un alto nivel de endemismo. Con base en la sobreposición del mapa de vegetación (obtenido mediante la clasificación supervisada de una imagen de satélite LANDSAT TM), coberturas de pendientes, exposiciones, altimetría y arroyos, se definieron siete tipos de hábitats, en los cuales se ubicó la distribución de 76 especies endémicas reconocidas para la reserva, considerando: localización geográfica, abundancia y patrones de agregación. De este análisis se obtuvo que los hábitats que presentan mayor superficie (69%), corresponden a laderas de montaña con pendientes menores a 30°, que corresponden a los tipos de vegetación de selva baja caducifolia y bosque de pino-encino. Sin embargo, al relacionar superficie de los hábitats con número de especies endémicas, destaca el ambiente ripario por arriba de los 1000 de altitud, a pesar que este hábitat ocupa sólo el 2.3% del área, concentra a 30 especies endémicas, de las cuales 4 son exclusivas a éste. Del análisis florístico se obtuvo que el 86% de las especies endémicas se restringen a tres o menos hábitats, lo que sugiere una relación muy estrecha entre condiciones ambientales particulares y la presencia de endémicas.

METEOROLOGÍA, CLIMATOLOGÍA Y OCEANOGRAFÍA

SRSIG-38

CLIMATOLOGÍA DE LA ALTURA SIGNIFICANTE DEL OLEAJE FRENTE A LA COSTA PACÍFICO DE BAJA CALIFORNIA A PARTIR DE DATOS DEL ALTÍMETRO A BORDO DEL SATÉLITE ERS-2

Diego Raciél De Dios Sánchez y Asdrubal Martínez Díaz de
León
Facultad de Ciencias Marinas, Instituto de Investigaciones
Oceanológicas, UABC
E-mail: raciel78@yahoo.com.mx

Se realizó el análisis estadístico del campo de altura significativa, a lo largo de la costa Pacífico de la Península de Baja California, localizada de los 20 a 30° de Latitud Norte a los 114 a 121° de Longitud Oeste. Se generó una base de datos con una extensión temporal de 7 años a partir de la información generada por el altímetro a bordo del segundo satélite europeo ERS-2. El análisis incluye: diagramas de contornos del valor promedio de la altura significativa, el cálculo de la desviación estándar a lo largo de un transecto frente a la península, para tener idea de la variabilidad espacial y temporal de la altura del oleaje e histogramas de frecuencia de ocurrencia de alturas para tres zonas predeterminadas por su importancia geográfica: Frontera México-E.E.U.U., Punta Eugenia y Cabo San Lucas. El análisis del campo promedio de altura significativa mostró claramente la ocurrencia del fenómeno El Niño en 1997 y de La Niña en 1998. La desviación estándar calculada en el transecto mostró mucho más variabilidad para los períodos de Invierno en la parte Norte de la península. Esto último fue corroborado con el análisis de los histogramas de frecuencia de ocurrencia de altura, ya que en ellos se observó una distribución más amplia de alturas en las zonas de mayor variabilidad. Los valores máximos de altura significativa fueron de 4.760m en la Frontera México-E.E.U.U., 3.950m en Punta Eugenia y de 4.02m en Cabo San Lucas. Las alturas del oleaje presentan una marcada variabilidad espacial y temporal a lo largo de la península de Baja California, en donde se observa consistentemente que las olas más altas se presentan durante la época de Invierno en el Noroeste de la Península, mientras que las más chicas se presentan en el Verano al sur de la Península. Los resultados muestran que fenómenos como El Niño, tienen un efecto importante en la climatología de la zona, incrementando sus alturas típicas y su área de influencia, además, estos efectos son claramente reflejados por los sistemas de percepción remota.

SRSIG-39

EFFECTO DEL HURACÁN "JULIETA" EN EL ESTERO DE SAN JOSÉ, B.C.S.

Aurora Breceda, Hermilo Santoyo, José Pérez-Navarro y Paulino Rojo

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

E-mail: abreceda@cibnor.mx

Universidad Autónoma de Baja California Sur

La Reserva Ecológica Estatal "Estero de San José" en Baja California Sur, se decretó como área natural protegida en 1993. Por sus características físicas está sujeta a un gran dinamismo, propio de los sistemas lagunares costeros; sin embargo, los efectos del huracán Julieta se consideran extraordinarios. Este meteoro, de categoría 4 en la escala Saffir-Simpson, azotó las costas de Baja California Sur del 26 al 30 de septiembre del año 2001, en la reserva ocasionó la pérdida de varias hectáreas de vegetación, de fauna y suelos, además generó cambios geomorfológicos relevantes del vaso lagunar y de la línea de costa.

El efecto del huracán Julieta sobre la cubierta vegetal se evaluó tomando como base la vegetación registrada en 1993 contrastando con el levantamiento de la vegetación efectuado en el 2002. El mapa base de 1993 se georreferenció y se digitó con el auxilio del programa vectorial MapInfo 5.0, y se rasterizó con el programa Idrisi. Con el auxilio de fotografías aéreas, verificaciones de campo y levantamientos topográficos realizados una estación total se evaluó el área afectada por el huracán. La sobreposición de las capas de vegetación de 1993 y del 2002 permitieron determinar las superficies de las zonas afectadas para cada unidad de vegetación.

En 1993 se identificaron en la Reserva Ecológica nueve categorías de uso de suelo y vegetación: palmar, carrizal, tular, bosque de guamúchil, cultivos y huertas, bosque de mezquite, pastizales, matorral halófilo y áreas erosionadas. El área de vegetación afectada fue de 81.5 ha, lo que corresponde a más del 31% del área estudiada. Sobre esta superficie el efecto de la corriente y de los sedimentos ocasionó la remoción total de la cubierta vegetal, dejando a su paso grandes volúmenes de arena. Las unidades de vegetación que presentaron mayor superficie afectada fueron: el tular, el carrizal, el palmar y el bosque de guamúchil; al considerar la proporción de cada unidad afectada destaca que el tular y el bosque de guamúchil tuvieron las pérdidas mayores.

La recuperación y restauración de la vegetación y del cuerpo de agua es de gran importancia para la región ya que una de las características típicas de la península es su extrema aridez y la consecuente escasez de cuerpos de agua con características limnéticas o de ambientes epicontinentales. Este ambiente se considera como una isla biológica en donde se desarrollan especies exclusivas con especies endémicas de flora y fauna representativos de ambientes pasados más benignos. Este sistema lagunar, conocido como Estero de San José, además de constituir uno de los cuerpos de agua de mayor

extensión en el estado, reviste una gran importancia económica dados los servicios ambientales que presta para la agricultura orgánica, el turismo tradicional y alternativo y al mantenimiento del ciclo del agua y clima en la región.

SRSIG-40

LANDSCAPE ASSESSMENT OF EFFECTS HURRICANE JULIETTE IN SOUTHERN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO USING ETM+ AND ASTER IMAGES

Genaro Martínez Gutiérrez

Depto. de Geología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur

E-mail: martingg@uabcs.mx

On September 28, 2001, Hurricane Juliette approached to the southern Baja California peninsula of Mexico. Hurricane Juliette reached a category 4 (on the Saffir-Simpson hurricane scale) that brought 80-knot winds and heavy rain. It caused flooding on several streams and damage to coastal towns (Cabo San Lucas, San Jose del Cabo, La Ribera, Los Barriles, and La Paz) after 3 days of intense rainfall. Some localities reported a record of more than 1000 mm in 24 hrs. Major damage occurred at southernmost region of the peninsula in the towns of Cabo San Lucas and San Jose del Cabo. These towns have had a rapid tourist development the last 5 years. Some of the facilities of the resorts located in this region had severe damage. A temporal change analysis of the damage was conducted using ETM+ (1999) and ASTER (2001) scenes. Band differencing and band ratio was performed to document the changes produced by the floods. VNIR bands of ASTER and ETM+ scenes were only used for the analysis. The analysis allowed quantifying and documenting the landscape changes between 1999 and 2001. Some of the outstanding features included reactivation and widening of channel beds produced by runoff. Geomorphic and anthropogenic features impacted were identified and measured in the ASTER scene. The channel width increased about 50 % in some streams after Hurricane Juliette and the urban area of San Jose del Cabo was affected in a 20%. The extreme rainfall produced by Hurricane Juliette also flooded other towns and destroyed the main access to the southern region of the peninsula. No casualties were reported as result of flood in the San Jose del Cabo area.

SRSIG-41

REGIONALIZACION DE LAS AGUAS ALEDAÑAS A LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA EN BASE A IMAGENES DE COLOR (CLOROFILA)

Hector Manzo Monroy, Antonio Martínez Alcalá y Eduardo Santa María del Angel

Facultad de Ciencias Marinas, UABC

E-mail: manzo@uabc.mx

Se busca identificar regiones de concentración de clorofila en el Mar de Cortes y las aguas de la costa Pacífico de la Península de Baja California. Se emplearon imágenes mensuales de concentración de clorofila (SeaWiFS) a partir de septiembre

de 1997 hasta marzo del 2002. Se realizó la predicción de valores para los casos de datos faltantes (nubes) por medio de un modelo de regresión local (loes) con ajuste de segundo grado. Por medio de Funciones Empíricas Ortogonales (FEO) en el dominio del tiempo y obtenidas por medio de Descomposición en Valores Singulares se detectó la variabilidad espacio-temporal. En base a los primeros cuatro modos de las FEOs y empleando la técnica de modelos de Árboles de Regresión-Clasificación se realizó la regionalización de estas áreas.

La variabilidad temporal entre el Mar de Cortes y el Pacífico no presenta similitud, con la excepción de un evento (señal) en la primavera-verano del 2000. La señal del Niño 97-98 es detectable en las amplitudes de la región del Pacífico pero no dentro del Mar de Cortes.

Se discuten las implicaciones oceanográficas de diferentes niveles de regionalización, así como las posibles causas dinámicas. La regionalización de concentración de clorofila refleja la influencia de procesos dinámicos en diferentes escalas.

SRSIG-42

EVALUACIÓN ESTACIONAL DE SST, USANDO IMÁGENES DE SATÉLITE GOES-10

J. Francisco Flores E, Christopher J. Watts y Jaime Garatuza Payán
Instituto Tecnológico de Sonora
E-mail: garatuza@yaqui.itson.mx

Las técnicas de percepción remota brindan una excelente opción para la observación monitoreo y estudio de los mares y regiones costeras, la oceanografía física observa ampliamente la temperatura superficial de mar (SST), por ser un factor primordial en la comprensión de las interacciones entre el océano y la atmósfera.

La estimación de SST a partir de imágenes de satélite en tiempo real, facilita el desarrollo de modelos meteorológicos, donde anomalías de SST pueden utilizarse para el pronóstico de precipitación a escalas estacionales o interanuales (Watts, 2001) Para la estimación de SST se puede utilizar el sensor NOAA-AVHRR, que capta imágenes con alta resolución espacial de 1.1 km, pero debido a su órbita polar se obtienen solo dos imágenes por día, por lo que el seguimiento de SST se limita al no contar con suficiente información.

Alternativamente, se pueden utilizar imágenes GOES, de órbita Geoestacionaria de resolución espacial de 4 km, cada media hora. La baja resolución espacial es compensada por su capacidad de generar información constante, la cual es de gran utilidad en la estimación de SST en tiempo real.

Por lo anterior, el presente estudio pretende primeramente, determinar estadísticamente una correlación entre los sensores NOAA-AVHRR (NOAA12 y 14) y GOES-10 en la estimación

de SST, en el periodo de enero a agosto de 2000, con escenas del pacífico noroccidental, a fin de obtener factores de calibración e incluirlos en los algoritmos de GOES, para obtener datos de SST mas confiables. Así como, evaluar la variación de SST diurno y su comportamiento estacional, tales resultados se utilizarán en modelos atmosféricos para la predicción de condiciones meteorológicas en escalas de tiempo de horas o días.

Resultados preliminares indican que las estimaciones de SST producidas con NOAA-AVHRR tienen una variación de 1°C para los meses de enero a junio en comparativa con las producidas con GOES bandas Ir4 y Ir5, en cambio en julio a agosto esta variación se incrementa a 5°C en la banda Ir4 y de 3°C en la banda Ir5, debido probablemente a elevación de contenido de humedad en la atmósfera.

SRSIG-43

USO DE LOS MÉTODOS PASIVOS DE LA PERCEPCIÓN REMOTA PARA EL ESTUDIO DEL OCÉANO

Velasco Herrera Graciela y Velasco Herrera Victor Manuel
Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: victor@nahuiollin.igeofcu.unam.mx

En este trabajo se muestra los resultados relacionados con la posibilidad de medir las propiedades electrofísicas del Océano con espuma.

Se desarrollan los algoritmos óptimos de mediciones y procesamiento de señales de radio ondas para el estudio del Océano, por medio de los sistemas pasivos de la percepción remota y medir con mayor exactitud las mediciones remotas de sus parámetros electrofísicos y características estadísticas.

SRSIG-44

OBTENCIÓN DE PARÁMETROS DE OLEAJE EN REGIONES COSTERAS A PARTIR DE IMÁGENES DE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA (SAR/ERS-2)

Jorge Torres y Francisco J. Ocampo-Torres
CICESE
E-mail: jtorres@cicese.mx

El Radar de Apertura Sintética (SAR por sus siglas en inglés) es el único instrumento capaz de proveer información espacial sobre el estado del mar en dos dimensiones. Sin embargo la obtención del espectro direccional del oleaje a partir de imágenes SAR no es un procedimiento directo. El proceso de formación de la imagen es altamente no-lineal debido a las distorsiones inducidas por el movimiento orbital de las olas, dando como resultado un espectro asimétrico con pérdida de información en dirección acimutal y con una ambigüedad direccional de 180 grados. Para obtener el espectro de olas es necesario efectuar el modelado directo del espectro SAR de acuerdo a los mecanismos de detección de oleaje y posteriormente invertir el espectro de imagen en un

espectro de olas. Actualmente estos algoritmos están implementados en sistemas operacionales orientados principalmente a la asimilación de datos para aplicaciones en aguas profundas a escalas global y regional. Sin embargo son relativamente escasos los trabajos sobre aplicaciones en regiones costeras, donde existe la necesidad de información sobre el campo de olas para atacar problemáticas relacionadas con el manejo y conservación de la zona costera.

El objetivo de este trabajo es analizar la posibilidad de extraer parámetros de oleaje (altura significativa, dirección y período) en condiciones de aguas someras a partir de imágenes SAR. Para ello se utilizaron imágenes adquiridas por el satélite ERS-2, así como observaciones de viento y olas (velocidad, dirección, Hs y período) tomadas insitu 4 Km fuera de costa frente a Rosarito, Baja California. Se corrió el modelo SWAN en modo tercera generación para una malla de 55 x 55 Km y se colocaron espectros sobre el sitio de observaciones. Adicionalmente se extrajeron subimágenes sobre este mismo sitio y se calcularon sus espectros para invertirlos posteriormente en su espectro de olas. De acuerdo a los resultados obtenidos se observa un grado de correlación aceptable entre los espectros observado y simulado, así como entre los parámetros del oleaje medido insitu y los resultantes del proceso de partición espectral. En general se concluye que es posible la extracción de parámetros del oleaje a partir de la imagen de una región fuertemente influenciada por la batimetría y otros factores locales como el viento, en donde dos o más sistemas de olas con diferentes orígenes pueden generar espectros con estructuras complejas. Lo anterior ofrece buenas expectativas en el estudio de olas en ambientes de aguas someras, así como en la implementación de sistemas operacionales para el monitoreo de zonas costeras.

SRSIG-45

GENERACIÓN DE PSEUDOIMÁGENES: CONTRIBUCIÓN DEL ANÁLISIS DE IMÁGENES EN LA CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL CENTRO DE MÉXICO

Daniel Sagal¹, Vicente Torres Rodríguez² y Andrea Bolongaro-Crevenna Recaséns²

¹ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Coordinación Morelos
E-mail: ddazas@excite.com

² Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C.

El sistema nacional de información climatológica cuenta con una importante fuente de información denominada ERIC II (Extractor Rápido de Información Climatológica versión 2.0), mismo que comprende la información de la base de datos climatológica nacional tal como se encontraba en enero de 2000 en el SMN. Dicha base tiene una referencia temporal de 1940 a 1998, aunque algunas estaciones climáticas contienen información anterior a este periodo. Otra fuente importante es el Registro Mensual de Precipitación, Temperatura y

Evaporación de la CNA. Las características de estas bases de datos permiten realizar consultas por estación por cada variable.

Con la finalidad de contar con herramientas de visualización regional de las variables climáticas se reconfiguraron las bases de datos antes mencionadas y se elaboró un manejador de datos para la extracción de información por grupo de estaciones, por tipo de variable y por temporada (meses y años). Con la nueva base se realizaron interpolaciones para generar una malla regular con formato de imagen. Se aplicaron algoritmos de interpolación como: Distancia inversa, Krigging, Curvatura Mínima, Triangulación, Regresión polinomial, Función básica radial, Shepard y Vecino más cercano.

Con la generación de pseudoimágenes, además de considerar el tiempo y la variable climática, en el análisis, se añade un tercer factor elemental en la implementación de sistemas de información geográfica y clasificación de imágenes, el espacio, lo que nos permite el estudio de la influencia del clima de diferentes temas (relieve, vegetación, permeabilidad del suelo, etc.), en un lapso de tiempo y de referencia geográfica.

Entre las aplicaciones de las pseudoimágenes climáticas se realizaron: elaboración de gradientes, análisis de componentes principales orientados a objetos, clasificación multidimensional, fusión y relación con otras bases raster tales como imágenes de sensores remotos y modelos digitales de elevación.

La ventaja de contar con pseudoimágenes es la posibilidad de efectuar operaciones aritméticas, lógicas y análisis espaciales complejos entre ellas, así como permitir una rápida evaluación visual en la toma de decisiones.

La aplicación de esta metodología en el cuadrante del centro del país que comprende al Estado de Morelos y las zonas vecinas del Distrito Federal, Puebla, Edo. de México y Guerrero, permitió generar pseudoimágenes mensuales y anuales de todas las variables climáticas originalmente contenidas en las bases de datos, para el periodo 1940-1998.

Operaciones sencillas de aritmética de imágenes permitieron generar imágenes de tasas de cambio de variables como la precipitación, la temperatura, etc., ocurridos en los últimos cuarenta años, permitiendo visualizar regionalmente la magnitud, forma, dirección y extensión de los cambios en las variables climáticas.

TRATAMIENTO DE IMÁGENES E INTERNET

SRSIG-46

SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES DE SATÉLITE USANDO MODELOS OCULTOS DE CAMPOS MARKOVIANOS

José Luis Marroquín Zaleta, Ely J.R. Gallo Ramírez y Aurora M. Breceda S.C.

Centro de Investigación en Matemáticas

E-mail: judith@cimat.mx

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

Hemos implementado y probado un nuevo método de clasificación en imágenes de satélite, es una forma de clasificación no supervisada que permite identificar simultáneamente las regiones (o clases) que particionan la imagen y el modelo de firmas espectrales correspondiente a cada una de ellas.

El método tiene un enfoque Bayesiano; de modo que es posible introducir información a priori al proceso de clasificación definiendo adecuadamente una función de distribución de probabilidad. Así, se modela la similitud entre píxeles vecinos de la imagen con un campo oculto de medidas aleatorio markoviano.

El hecho de modelar la coherencia espacial de la imagen con un campo de medidas de probabilidad, ha permitido encontrar la clasificación óptima de la misma, minimizando una función de energía diferenciable, lo que no ha podido lograrse con métodos clásicos que también consideran la coherencia espacial como información a priori, ya que el problema en esos casos consiste en aproximar la solución de una función no diferenciable. Ahora bien, el método de minimización de la función de energía es descenso Newtoniano; un método de descenso con tamaño de paso fijo en la dirección de la proyección del gradiente sobre la superficie tangente a la función; donde el descenso es acelerado calibrando un coeficiente de fricción.

Para evaluar el funcionamiento del método, realizamos pruebas con imágenes sintéticas e imágenes del satélite LANDSAT TM correspondientes a distintas zonas dentro de la reserva de la biosfera Sierra de La Laguna, al sur de la península de Baja California; estos últimos resultados fueron analizados por un experto en vegetación.

En cada prueba, inicializamos el modelo de firmas espectrales partiendo de clasificaciones monobanda y obtuvimos la clasificación óptima de la imagen y el modelo de firmas espectrales para dicha clasificación.

El método es casi automático, sólo hay que definir la cantidad de clases que se desean identificar en la imagen y ajustar dos parámetros: el primero corresponde al grado de

similitud que se desee entre píxeles y el otro que es inversamente proporcional al nivel de ruido que pudiera tener la imagen.

Cabe mencionar que después de realizar la clasificación con este método no es necesario realizar filtrados, ya que la interacción espacial se ha considerado desde un inicio. Lo que queda al usuario es identificar las leyendas de las clases y hacer una reclasificación de la imagen en caso de que una clase informacional corresponda a varias clases espectrales.

SRSIG-47

GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION IN LANDSAT ETM+ IMAGES USING A TEXTURED-BASED SEGMENTATION

Guillermo Martínez-Flores, Enrique H. Nava-Sánchez y Lucio Godínez Orta

Depto. de Oceanología, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, La Paz, B.C.S.

E-mail: gmflores@ipn.mx

The present work describes a textured-based segmentation algorithm used over Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM+) Images of the coastal zone of La Paz Bay, in Baja California Sur, Mexico. This geomorphological classification is intended to capture information about the physical form of land, based in statistical texture information. The implementation of this algorithm (proposed by Deng and Manjunath, 2001), was developed in Interactive Data Language (IDL 5.2), and tested using images with different visual textures, including aerial photographs scale 1:75000, orthophotos scale 1:20000 and band combinations of ETM+ images with 30 meters in spatial resolution. A geomorphological classification is a good indicator for the structural variability of the landscape, allowing similar sites to be grouped together for comparative purposes and providing a reference data to which later surveys could be related. This process could be used as a tool in environmental regionalization, especially when it is combined with other information layers spatially georeferenced in a Geographic Information System.

SRSIG-48

MEDICIONES OPTIMAS DE LOS PARÁMETROS ELECTROFÍSICOS DE SUPERFICIES RUGOSAS EN SISTEMAS PASIVOS DE PERCEPCION REMOTA

Victor Manuel Velasco Herrera, Roman Alvarez Bejar y Samantha Beatriz Rios Delgado

Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: victor@nahuiollin.igeofcu.unam.mx

En este trabajo se analiza el modelo electrodinámico de superficies rugosas. Así mismo se dan recomendaciones óptimas para la medición de sus parámetros electrofísicos. Estos datos se obtienen de los elementos inversos de la matriz de Fisher. Se muestran los resultados de las posibles

mediciones de los parámetros electrofísicos de una superficie rugosa por el registro de su radiación térmica propia, se analizaron las condiciones óptimas para medir sus parámetros electrofísicos, en particular con los parámetros siguientes: ϵ' , ϵ'' , y $\tan \delta$. Para medir la parte real de la permitividad eléctrica se recomiendan los ángulos de monitoreo θ y ϕ ; para medir el óptimamente el parámetro se recomienda los intervalos de los ángulos θ y ϕ , con una altura del radiómetro respecto a la superficie de km en ambos casos. Estos datos son importantes y valiosos para la planificación y realización de experimentos en laboratorio y experimentos aeroespaciales.

SRSIG-49

APLICACIONES DE INTERNET 2 EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Alejandro Hinojosa¹, Jorge Preciado², Carlos A. Villaseñor² y Mario Machuca²

¹ Depto. de Geología, CICESE

E-mail: alhinc@cicese.mx

² Dirección de Telemática, CICESE

Cada día existe un mayor número de usuarios que desean intercambiar información utilizando las redes de datos como Internet. Estos usuarios desean transmitir mayores cantidades de información en el menor tiempo posible. Para poder satisfacer esta demanda se necesitan implementar nuevas tecnologías de red que transporten tráfico de voz, video y datos. Como respuesta a los requerimientos de la comunidad científica en México de una red de datos con una mayor capacidad y velocidad, la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI) ha implementado la red Internet2 en el país. A Internet2 se encuentran conectados diferentes centros de investigación y universidades como CICESE, UNAM, IPN, UDG, UDLAP e ITESM entre otros. Internet2 México se conecta también con redes homologas en Estados Unidos, Canadá y el resto del mundo.

Utilizando la tecnología de red ATM (Modo de Transferencia Asíncrono) con velocidades de hasta 155 Mbps, Internet2 brinda un mucho mayor ancho de banda que las ofrecidas por Internet, la cual con tecnologías como ADSL y E1 apenas alcanza valores máximos de 2 Mbps. Internet2 proporciona la capacidad de ofrecer servicios como videoconferencia con la calidad requerida, mayores anchos de banda y menores retardos que Internet. Esto se logra en Internet2 mediante la implementación de mecanismos de Calidad de Servicio (QoS), los cuales permiten reservar recursos como el ancho de banda a las aplicaciones de los usuarios.

En la División de Ciencias de la Tierra del CICESE, se están llevando a cabo experimentos en la utilización de esta tecnología para facilitar el trabajo colaborativo en proyectos de investigación con instituciones nacionales y extranjeras. En particular con las Universidades de California en Santa Barbara y San Diego, con las que se están realizando proyectos de

investigación en la región transfronteriza de las Californias. A través de la videoconferencia, se realizan reuniones de trabajo virtuales sin la necesidad de desplazarse, ahorrando tiempo y dinero. También facilita el rápido intercambio de grandes volúmenes de información, compartir bases de datos distribuidas y licencias de programas de aplicación. Esta tecnología brinda una nueva dimensión en los proyectos de investigación donde se requiere de la participación activa de miembros distantes, y es posible gracias a la armoniosa conjunción de grupos de trabajo interdisciplinarios en ciencia y de soporte tecnológico.

SRSIG-50

DIAGNOSTICO DE CAPACIDADES PARA LA PERCEPCIÓN REMOTA Y LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA EN EL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO

Julio Cámara Córdova

División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

E-mail: jcamaracordova@yahoo.com

Objetivo. Se presentan resultados preliminares de un inventario de las capacidades con que se cuenta en diferentes instancias de Tabasco, para la utilización de las tecnologías de Percepción Remota (PR) y la creación y el aprovechamiento de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Metodología. Se distribuyó un cuestionario con 27 preguntas. Los encuestados (18 recibieron la encuesta por correo electrónico y 8 por visita personal) lo fueron a título personal. Se procuró que estuvieran vinculados a instituciones (dependencias federales, estatales y paraestatales, Instituciones de Educación Superior (IES) y/o centros de investigación científica y tecnológica) que utilizan o potencialmente podrían utilizar la PR y los SIG para el cometido de su actividad.

Resultados. En Tabasco existen al menos cuatro laboratorios para PR y SIG, con diversa infraestructura (instalaciones), equipamiento (equipo informático), recursos (imágenes aerofotográficas o satelitarias, programas informáticos) y capacidad técnica (destreza de su personal en el manejo de los programas informáticos, dominio de los técnicas de interpretación de las imágenes de PR, habilidad para el procesamiento de datos y la integración y generación de información geográfica). Dos son dependencias de apoyo a la misión y objetivos de su institución (con una docena de técnicos entre los dos) y los otros, son de IES que realizan actividades de investigación científica (poco menos de una decena de investigadores entre estos dos laboratorios). Personal en otras instituciones posee diferente dominio técnico (habilidades, entrenamiento y actualización) de la tecnología para la PR y los SIG y cuentan con diversa infraestructura, equipamiento y recursos.

Conclusiones. El desarrollo de la PR y los SIG no es actualmente suficiente y está siendo sub-utilizado para el apoyo de la planificación y la consolidación del desarrollo de Tabasco.

CARTELES

SRSIG-51 CARTEL

APLICACIÓN DE UN "SIG" EN LA EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y SÍSMICA DE LA REGIÓN DE PETACALCO, ESTADO DE GUERRERO

Sergio Sánchez, Oscar Jiménez, Sixto Fernández y Antonio Uribe

Centro de Estudios Sismológicos, Zona Pacífico Norte, CFE
E-mail: mdv82925@hotmail.com

Con base en la información geológica disponible y sismológica generada se llevó a cabo una reinterpretación de los aspectos geológico-estructurales y sísmicos de la región de Petacalco, en el Estado de Guerrero. Para el análisis se utilizó el sistema de información geográfica IDRISI, con el cual se trataron características temáticas geológicas y sísmicas. De las características geológicas se consideraron fallas, fracturas, litologías, materiales superficiales y rasgos geomorfológicos, en tanto que de las sísmicas se tomaron en cuenta la magnitud y la distribución hipocentral de los sismos registrados por una red sismológica local. De algunos de los sismos registrados se obtuvieron también sus mecanismos focales. Todas estas características fueron integradas al "sig" para su evaluación, tratamiento y clasificación no supervisada. Así, se dedujo la presencia de una zona hipocentral somera, la cual, proyectada hacia la superficie y medida desde la costa hacia tierra adentro, conforma una franja de alrededor de 30 km de ancho. Los resultados también señalan una distribución de eventos sísmicos dentro de una amplia gama de magnitudes, pero en concentraciones sismogénicas hacia la costa. Igualmente, la distribución muestra en muchos casos un patrón de alineamiento similar al que presentan las estructuras geológicas cuyas orientaciones principales son NW-SE y N-S, y en menor proporción a las de orientación NE-SW. De particular interés es la presencia de un sistema de fracturamiento N70°W cuya orientación es semiparalela a la trinchera mesoamericana, y de otros sistemas relacionados con las condiciones geológicas locales entre las que predominan estructuras orientadas N-S y E-W. En este sentido, la distribución de las unidades litológicas, las acumulaciones de materiales no consolidados, la concentración de eventos sísmicos y las características de las estructuras geológicas se conjugan en la interpretación y valoración de los efectos de sitio en dicha franja costera.

SRSIG-52 CARTEL

FIREMAPPER EN BAJA CALIFORNIA

Alejandro Hinojosa¹, Ernesto Franco¹, Philip J. Riggan², James W. Hoffman³ y Robert Lockwood³

¹ CICESE

E-mail: alhinc@cicese.mx

² USDA, Forest Service

³ Space Instruments Inc.

Firemapper es un sistema de percepción remota aerotransportado diseñado para mapear incendios forestales y vegetación, con tres bandas espectrales en el infra rojo termal (IR) y dos en el visible (V) e infra rojo cercano (NIR). Un procesador digital de señales aplica en tiempo real calibraciones por corrimientos y estampa cada imagen con coordenadas GPS y parámetros operativos del sensor. La resolución espacial para las imágenes IR es de 1.85 mrad y de .375 mrad para las V y NIR. La codificación de las imágenes IR es a 16 bits y a 10 bits para las V y NIR. Firemapper fue diseñado y construido por Space Instruments Inc. para el Servidío Forestal de los EU y está actualmente operacional en la aeronave de investigación Navajo de esta agencia.

A través de proyectos de investigación conjuntos, de 2001 a la fecha, se han realizado varios vuelos experimentales en Baja California para el mapeo de vegetación, incendios y cicatrices de éstos. Los sitios sobre volados son Sierra de San Pedro Martir, Isla de Cedros, Isla Guadalupe y Ensenada. Se presentan especificaciones del sensor, índices de vuelo, muestras de las imágenes tomadas y algunos de resultados obtenidos.

SRSIG-53 CARTEL

ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN EL ESTADO DE COLIMA Y ANALISIS DE USO DEL SUELO

Juan Jose Ramirez Ruiz, Julio Barreto Caro, Manuel Selis y Armando Tellez

Universidad de Colima

E-mail: ramirez@cgic.ucol.mx

El ordenamiento territorial en el Estado de Colima se realiza en escala 1:250,000 con el fin de determinar las aptitudes naturales del suelo y sus usos. esta determinacion se hace mediante el analisis de las 161 unidades de paisaje y su cobertura vegetal. este analisis muestra que casi un 45 % del suelo en el Estado ha tenido una variacion en un periodo de 20 años, lo cual es muy significativo razon por lo cual se analizan las causas y tipos de cobertura de suelo que ha tenido esa variacion.

SRSIG-54 CARTEL

**PREDICCIÓN DE HABITATS DE MASTOFAUNA
SILVESTRE EN EL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO,
MEDIANTE FACTORES DE PONDERACIÓN EN UN
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Yadira Magali Bonilla Sánchez¹, Andrea Bolongaro-Crevenna R.¹⁻²⁻³ y Valentino Sorani²

¹ Facultad de Ciencias Biológicas, UAEM

E-mail: cianya25@hotmail.com

² Laboratorio Interdisciplinario de Sistemas de Información
Geográfica, CEAMISH, UAEM

³ Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C.

El objetivo del estudio fue delimitar hábitats potenciales de distribución de mamíferos silvestres del Estado de Morelos. Mediante un Sistema de Información Geográfica se obtuvieron los mapas de distribución potencial de 22 especies de mamíferos silvestres a partir de la integración de las bases de datos de colecciones científicas y los mapas temáticos de uso de suelo y vegetación, edafología y clima. Utilizando los datos asociados a cada sitio de colecta se determinaron para cada especie las clases temáticas con presencia de por lo menos un registro de la especie considerada y se elaboraron mapas de presencia/ausencia para cada variable (vegetación, edafología y clima). Ponderando estos mapas con base en la importancia de la variable en la distribución de cada especie, se obtuvieron mapas de probabilidad de presencia. Se calcularon las áreas con mayor probabilidad de encontrar la mayor riqueza de especies, obteniendo así el mapa final de distribución potencial de las 22 especies estudiadas. Este tipo de mapas representan una herramienta útil en la determinación de zonas de conservación de especies.

SRSIG-55 CARTEL

GEMA REVISITADO

Alejandro Hinojosa y Margarita Almeida

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

E-mail: alhinc@cicese.mx

GEMA, G_EoModelos de Altimetría del Territorio Nacional, es uno producto discontinuado del INEGI que contiene 255 modelos digitales de elevación(MDE) de la República Mexicana elaborados a partir de las cartas 1:250,000. Cada modelo cubre un grado de longitud por uno de latitud con resolución espacial de 3 segundos de arco. Tiene un sistema de cómputo básico que permite entre otras cosas exportar cada modelo completo o en partes a formato ASCII; los modelos están almacenados en un formato comprimido que es descifrado por el programa de cómputo. Éste se desarrolló para correr en arquitecturas de cómputo y versiones de sistema operativo difíciles de encontrar en estos días, su tiempo de vida está próximo a vencerse. El valor de GEMA está en los modelos y no en el programa que los manipula.

En un esfuerzo de rescatar los 255 MDE, se exportaron, reorganizaron y escribieron en formato fácilmente digerible por programas de SIG. Se cambió el orden de las celdas de como las exporta GEMA (Sur-Norte-Este-Oeste) al orden estándar de rejillas (Oeste-Este-Norte-Sur). Se transformaron de formato ASCII a enteros binarios con signo de 16 bits. También se aglomeraron conjuntos de MDE por Zona-Huso en conjuntos de 6 grados de longitud por 4 de latitud.

Se presentan algunos artificios encontrados durante el proceso de conversión, la comparación con modelos equivalentes que no pasaron por el proceso de descompresión, así como la comparación con los nuevos MDE que está produciendo el INEGI.

Sesión

Sismología y Geodesia

Lunes 4 — Martes 5

SALA A

SISG-01

ANALYSIS AND TECTONIC IMPLICATIONS OF CONTINUOUS GPS DATA FROM A 14-SITE INEGI GPS NETWORK SPANNING MEXICO, 1993.4-2001.5

Bertha Marquez-Azua¹ and Charles DeMets²¹ Universidad de Guadalajara

E-mail: bmarquez@udgserv.cencar.udg.mx

² University of Wisconsin-Madison

Since early 1993, the Mexican government agency INEGI has collected continuous GPS observations at 14 sites in Mexico, defining the National Active Geodetic Network. This network constitutes the most widespread and longest-lasting high-precision GPS survey of Mexico to date. Although the network was constructed for non-geophysical purposes, its archive of proprietary, dual-frequency GPS data contains useful and unique geophysical information. Through a legal agreement between the Universidad de Guadalajara and INEGI, we have procured more than 6700 station-days of data from these 14 sites, consisting of weekly measurements during an 8-year period from 1993.4-2001.5. Analysis of these data using JPL's GIPSY GPS processing software yields linear geographic coordinate time series with daily scatter of 3.7 millimeters in north, 5.5 mm in east, and 10 mm in vertical, comparable to other high-quality continuous GPS sites. In this talk, we will discuss the implications of the newly-derived site velocities for the movements of mainland Mexico and Baja California as part of the North American and Pacific tectonic plates, strain accumulation along the Pacific margin adjacent to the seismically active Middle America trench, and deformation within Mexico.

SISG-02

ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DE UNA RED GEODESICA LOCAL EMPLEANDO GPS

Moraila V. Carlos Ramón, García López Ramón Victorino, López Moreno Manuel, Balderrama Corral Rigoberto, Trejo Soto Manuel y Plata Rocha Wenseslao

Escuela Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Sinaloa
E-mail: cmoraila@correo.uasnet.mx

Se realiza un análisis de confiabilidad y robusticidad de una red geodésica utilizando mediciones GPS. Tradicionalmente, el análisis de confiabilidad involucra el empleo de técnicas de rigidez geométrica conllevando también a estudios de robusticidad. Una red geodésica se diseña y optimiza en términos de una alta confiabilidad comparándose los resultados con los obtenidos mediante las técnicas de robusticidad. El propósito del diseño óptimo es resolver tanto por la configuración de la red como por las precisiones de las observaciones a fin de reunir los criterios deseados. Para este fin, se estudia un método analítico realizando un diseño de configuración de redes.

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 las 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.

SISG-03

RECENT LARGE ASEISMIC SLOW SLIP EVENT IN GUERRERO, MEXICO

V. Kostoglodov, K.M. Larson, A.R. Lowry, W. Hutton, S.K. Singh and O. Sánchez

Instituto de Geofísica, UNAM, México

E-mail: vladimir@ollin.igeofcu.unam.mx

University of Colorado, Boulder, USA

Thrust type aseismic slip events (transient slips or "aseism"s) have recently been reported in various subduction zones. The observed aseisms have equivalent Mw of 6-7 and their duration varies from several days to a few years. An important feature of these slow events is that they usually occur near or just downdip of the seismogenic portion of the megathrust. The aseisms may be an important part of the seismic cycle of large thrust subduction zone earthquakes. In Guerrero, Mexico, we detected several such events of different magnitude in 1972, 1979, 1995, 1998, and 1999-2000 using tide gauge, leveling, and GPS data. In Acapulco the tide gauge record being compared with the GPS stable vertical motion lacks about 40 cm of subsidence over the last 40 years relative to the current steady-state GPS vertical rate. This can be interpreted as a result of aseisms occurring there every 2-10 years, depending on the magnitude of these events. In 2001-2002 the network of continuous GPS stations recorded a new unexpectedly large aseismic slow event (equivalent Mw ~7.3) in Guerrero, which has lasted more than six months and involved an area of ~140x250 km². This aseism produced a thrust slip of ~13-15 cm temporary regional extension of the continental block. The event could release an essential amount of entire elastic strain energy previously accumulated in the Guerrero seismic gap. It does not imply that the seismic hazard on the Guerrero gap has been reduced by this event, because the aseismic slip encroached only several tens of km updip of the locking transition that we estimated from the steady-state velocities. There is still could be a very significant fraction of the seismogenic portion of the fault which was not affected by transient slip.

SISG-04

MODELACIÓN DE LA SUBSIDENCIA EN EL VALLE DE MEXICALI

Glowacka E., Sarytchikhina O. y González J.J.
CICESE
E-mail: glowacka@cicese.mx

El Valle de Mexicali esta caracterizado por alto nivel de sismicidad natural, volcanismo, fenómenos geotérmicos y deformaciones superficiales relacionados con su origen geotectónico. Aparte de los fenómenos naturales la extracción de fluidos en el Campo Geotérmico Cerro Prieto (CGCP) situado en el Valle de Mexicali produce deformaciones con gran magnitud (Glowacka *et al.*, 1999). Es bien conocido y documentado que las deformaciones del terreno pueden acompañar la producción de fluidos en los campos geotérmicos (Narasimhan y Goyal, 1984, Allis 1999). El monitoreo y la modelación de este fenómeno ayuda a entender y minimizar los efectos de la subsidencia. Mossop y Segall (1997) y Fialko y Simons (2000) evaluaron modelos de subsidencia para algunos campos geotérmicos en Estados Unidos. Subsidencia en el CGCP fue también observada en la parte desértica del campo por medio de InSAR y modelada usando cuerpos de Mogi (Carnec y Fabriol, 1999, Hansen 2001).

En el presente trabajo se usa cuerpos de Mogi y datos de nivelación para modelar la subsidencia ubicada tanto en la parte desértica como en la parte agrícola de la zona del hundimiento. Se analiza los resultados de la modelación comparando los con las componentes horizontales de deformación obtenidas por medio de mediciones de GPS.

SISG-05

APLICACIÓN DEL MÉTODO DE LA CURVA L EN LA DETERMINACIÓN LOCAL DEL GEOPOTENCIAL UTILIZANDO OBSERVACIONES DEL SISTEMA GRACE

García L. Ramón V., Moraila V. Carlos R., López M. Manuel, Balderrama C. Rigoberto, Trejo S. Manuel y Plata R. Wenseslao
Escuela Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Sinaloa
E-mail: rgarcia@correo.uasnet.mx

Se realiza un análisis en la determinación del mejor parámetro de regularización de un sistema mal condicionado empleando el método de la curva L. El sistema analizado consiste en utilizar observaciones generadas por el sistema satelital geodésico GRACE como son diferencias de potencial y de diferencias de perturbación de la gravedad. El modelo a aplicar se basa en la discretización de la integral de Poisson y su derivada con regularización Tikhonov. En la búsqueda del mejor parámetro de regularización, el método de la curva L produjo resultados satisfactorios cuando solo errores aleatorios de las mediciones afectan la solución. En presencia de errores de modelo, se formula un método empírico en función de diferentes parámetros de configuración geométrica. Se

comparan también diferentes métodos de determinación de la esquina de la curva L y del valor optimo del parámetro de regularización.

SISG-06

MÉTODO DE CORRECCIÓN DIFERENCIAL DE PSEUDO-DISTANCIAS PARA ZONAS MEDIAS

Xomyakov E.N., Naymova E.E. y Velasco Herrera V.M.
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: victor@nahuiollin.igofcu.unam.mx

En este trabajo se describe el algoritmo de corrección diferencial de las mediciones de pseudo-distancias en un sistema de estaciones regionales de control de zona media, para un usuario del Sistema de Navegación Satelital Global y se muestra su posible aplicación en México.

Uno de los metodos principales para aumentar la exactitud en las mediciones de coordenadas y la corrección de sus errores de un objeto, es el método diferencial.

En 1996 fue publicada la idea de utilizar el método de corrección diferencial para zonas medias (Xin-Xiang Jin, Cees D. de Jong. 1996). Los investigaciones subsecuentes han mostrado mayor eficacia de este método en regiones de 1000x1000 km cuadrados, si se realiza un proceso estadístico de las mediciones.

SISG-07

ESTUDIO DE SISMICIDAD EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRO PRIETO, BAJA CALIFORNIA

Cecilio J. Rebollar, Arturo Perez-Vertti y Juan A. Mendoza
Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
E-mail: rebollar@cicese.mx

Se estudio la sismicidad de fondo del Campo Geotérmico de Cerro Prieto (CGCP) utilizando una red de 21 estaciones sísmicas digitales. La localización de los micro-sismos se encontró en el basamento debajo y al sur de la zona de producción de vapor del CGCP. Esta actividad esta localizada aproximadamente a 2 km al nor-este del trazo de la falla de Cerro Prieto a profundidades que varían entre 3 y 11 kilómetros de profundidad. No se localizó actividad sísmica en la capa de sedimentos de 3 a 4 km de espesor en el área de estudio. Así mismo, registramos dos enjambres, uno a lo largo de la falla de Cerro Prieto y otro en las cercanías del Volcán de Cerro Prieto. Las profundidades de esta actividad es más somera, variando entre 3 y 7 Km de profundidad. Se calculó el mecanismo focal de 76 micro-eventos y se discutirá su significado. Las magnitudes calculadas con la duración de la señal sísmica varia entre -0.3 y 2.5. Ocurrieron tres sismos de magnitud moderada. Estos sismos ocurrieron el 1 de junio de magnitud 5.2 a una profundidad de 7.4 km con mecanismo focal normal y el del 10 de septiembre de 1999 de magnitud 5.3 a una profundidad de 3.8 km con mecanismo lateral derecho. El tercer sismo ocurrió el 22 de febrero del 2002 con

una magnitud de 5.7 a una profundidad de 10 km y con mecanismo de rumbo lateral derecho. Durante la exposición se presentarán los parámetros de fuente, así como una interpretación sismotectónica de la actividad sísmica.

SISG-08

MONITOREO SÍSMICO DEL BLOQUE DE JALISCO

Francisco J. Núñez-Cornú¹, G. Reyes-Dávila², C. Suárez-Plascencia¹, M. Rutz¹, M. Camarena¹ y E. Trejo¹

¹ Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, CUC-CUCSH, Universidad de Guadalajara

E-mail: fcornu@pv.udg.mx

² RESCO, Universidad de Colima

La región de Jalisco es una de la zonas sísmicas más activas en México, pero a pesar de esto y del riesgo asociado a los procesos tectónicos que se originan en esta región, en la costa de Jalisco solo existe una estación sismológica permanente en Chamela y la Red sísmica telemétrica de Colima (RESCO) localizada sobre el Volcán y la parte sur de la Zona de Rifts de Colima. Estudios locales temporales de microsismicidad en la región han demostrado la necesidad de la existencia de una red permanente en la región. Por estas razones la Unidad Estatal de Protección Civil de Jalisco inició en agosto del 2000 un proyecto para instalar una Red Digital Telemétrica en la región, el cuál se esta llevando a cabo en varias fases, el proyecto se realiza en forma conjunta con el Centro de Sismología y Volcanología de Occidente (SisVOc) del Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara; debido al tamaño y la topografía de la región es muy difícil obtener enlaces radiales directos, por estas razones la red esta diseñada en células con nodos donde los nodos son los diferentes Campus de la Universidad de Guadalajara los cuales se encuentran ligados por una red de computo. La primera fase de instalación empezó en Agosto del 2001 e incluye la instalación de 6 estaciones, cada estación esta compuesta de un Sistema de Adquisición de Datos Kinematics-Everest de 24 bits, tiempo GPS, y un sensor triaxial de 1Hz Lennartz, usando para el control y la adquisición de datos el sistema KNI-NMS. Estas estaciones fueron desplegadas en dos células, cada una con tres estaciones. La primer célula en el área de Bahía de Banderas con enlaces telemétricos directos al SisVOc en Puerto Vallarta, donde se encuentra la estación central de la Red, esta empezó sus transmisiones en abril del 2002. La segunda célula se localiza del Volcán de Fuego hacia el norte de ZRC, las primeras tres estaciones de esta célula fueron instaladas en noviembre del 2001 sobre el volcán, para complementar RESCO y aumentar la calidad y cantidad de los datos sísmicos que se obtienen del volcán. Estas estaciones transmiten a la base de PCJalisco en Cd. Guzmán, la cuál será conectada al Campus de la UdeG en Cd. Guzmán localizado a un lado de la base, de ahí los datos serán transmitidos a Puerto Vallarta donde serán procesados y analizados y regresados a la Base de PCJalisco en Cd. Guzmán. Para garantizar la transmisión de datos se enviarán por medio de protocolos de INTERNET-2

usando Calidad de Servicio (QoS). Adicionalmente en el área de Bahía de Banderas se ha desplegado una red portátil de 4 estaciones MarsLite y una más en el Volcán Ceboruco. Estos datos complementados con los de RESCO proporcionan una cobertura mínima para el análisis de la actividad sísmica en el Bloque de Jalisco y el estudio a detalle del Borde Noroccidental.

SISG-09

ACTIVIDAD SÍSMICA EN EL BLOQUE DE JALISCO

M. Rutz¹, M. Camarena-García¹, E. Trejo-Gómez¹, V. Márquez², R. Orozco⁴, M. Miranda³, I. Plascencia², F. Núñez-Cornú¹, G. Reyes-Dávila² y C. Suarez-Plascencia¹

¹ Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, CUC-CUCSH, Universidad de Guadalajara

E-mail: marta@sisvoc.cuc.udg.mx

² RESCO Universidad de Colima

³ Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México

⁴ Geología, Universidad Autónoma de Baja California Sur

El despliegue de la Red Sísmica Telemétrica de Jalisco, estaciones portátiles en el norte de Jalisco y RESCO han proporcionado una cobertura mínima suficiente para iniciar de forma sistemática y permanente el estudio de la Sismicidad en el Bloque de Jalisco. Este análisis es el resultado del primer estudio de los temblores de los eventos del año 2002 detectados por la red telemétrica y la red portátil a partir de algoritmos de disparo, estos datos se complementaron con los de RESCO. En este primer análisis se han obtenido resultados similares a los propuestos por los estudios realizados entre 1996 y 1998. Particularmente importante es el alto nivel de sismicidad en la Placa de Rivera (sismicidad intraplaca) y bajo de ella La mayor cobertura instrumental en el área de Banderas muestra la existencia una gran sismicidad cortical de baja magnitud, por lo que no toda ha sido posible localizarla con precisión. Se observan temblores a más de 30 km de profundidad en la boca de Bahía Banderas y frente a ella, a si como algunos lineamientos sísmicos entre Bahía de Banderas y las Islas Marías. Se observa un claro cambio del régimen sísmico al norte de la cota 20°75 (Borde de Banderas), aunque al norte de éste se han localizado unos cuantos temblores superficiales.

SISG-10

ESTUDIOS DE SISMICIDAD EN EL CENTRO Y EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

J.M. Gómez, R. Zúñiga, M. Guzmán, R. Barboza, E. Nava y G. Aguirre

Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

E-mail: gomez@geociencias.unam.mx

Mostramos los resultados preliminares de varias campañas de sismicidad realizadas en la Faja Volcánica TransMexicana y en el Altiplano Central. Hacemos un análisis comparativo entre las manifestaciones sísmicas de cada localidad, los registros

sísmicos y los efectos producidos por dicha actividad. Primero analizamos la actividad sísmica registrada en 2001, cerca de las poblaciones de la Estancia y la Sardina, poblaciones cercanas a San Cristóbal, Guanajuato. Las narraciones de la población y los efectos observados coinciden con la forma en que se manifiesta un sismo. Se observan en superficie algunas grietas que no muestran movimiento relativo que pueda definir las como sismogénicas. Otra campaña la realizamos en Arroyo Seco, Querétaro, y Lagunillas, S.L.P., donde la actividad reportada se inició a mediados de diciembre de 2001. Los registros indican más de 30 eventos ocurridos en poco más de un mes. No se tenían reportes de alguna actividad sísmica histórica importante en esta zona. Las localizaciones de réplicas muestran ciertas alineaciones que podrían corresponder a estructuras que no rompieron en superficie. Un caso diferente ocurrió entre Cerritos y el Temascal, San Luis Potosí. Allí decidimos monitorear la zona en función de algunos eventos históricos ocurridos en, lo que era, Villa Iturbide (11/11/1868, 22/05/1868). Aquí tampoco hay una identificación clara en superficie de alguna estructura que pudiera asociarse a dichos movimientos. Hasta el momento tenemos registrados algunos eventos que evidencian que esta zona no está exenta de actividad sísmica. El origen de la actividad sísmica parece ser diferente entre las zonas estudiadas, sin embargo, los efectos son similares. Estos ejemplos muestran que la actividad sísmica en el Centro de México es mayor de lo que se suponía, también que es importante definir si se trata de actividad sísmica tectónica o de movimientos inducidos por algún tipo de actividad antropogénica. Por ello, es importante cubrir el rezago en este tipo de estudios en el Centro y Norte del país.

SISG-11

ANÁLISIS SISMOTECTÓNICO EN HUIMILPAN, QUERÉTARO

J.M. Gómez, A. Nieto y S. Alaniz
Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.
E-mail: gomez@geociencias.unam.mx

Realizamos una campaña de sismicidad en la Faja Volcánica TransMexicana, en las inmediaciones de Huimilpan, Querétaro. Previamente se realizaron varios estudios estructurales, morfológicos y estratigráficos que permitieron cartografiar con detalle la mayoría de las fallas geológicas. Las observaciones directas indican que dichas fallas no son activas. De esta clasificación excluimos los casos de agrietamientos en relleno fluvio-lacustre, los cuales son probablemente producto del asentamiento. Por otro lado, en esta zona se desconoce algún tipo de sismicidad histórica importante. Pese a que en la escala geológica de tiempo la sismicidad registrada es prácticamente insignificante, otros eventos como el sismo de Sanfandila ($M=3.1$, enero/1998) demuestran que dicha actividad no puede menospreciarse. En cuanto a los eventos registrados durante nuestra campaña, éstos evidencian una actividad discreta pero constante. Sin embargo, dicha actividad parece contradecir la supuesta inactividad de las estructuras geológicas presentes. Esta aparente contradicción podría

resolverse si consideramos la hipótesis de que esta zona pudiera encontrarse en una fase tectónica incipiente, ya que las fallas más jóvenes en el registro estratigráfico son más viejas que 3.4 Ma. Otra hipótesis estaría asociada a la deformación tan lenta a que esta sometida esta parte del país, por lo que la ruptura no se haría evidente con este nivel de actividad. Por otro lado, tampoco se puede descartar que esta actividad sísmica este inducida por la sobreexplotación de los mantos acuíferos en los últimos años. En cualquier caso se desconoce el potencial destructivo de la actividad generada.

SISG-12

ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD EN LA ZONA DE JUCHITEPEC-MILPA ALTA, ESTADO DE MÉXICO

Marcos Chavacán Avila y Javier Lermo Samaniego
Instituto de Ingeniería, UNAM
E-mail: mchavacana@iingen.unam.mx

El Eje Neovolcánico Transversal (Faja Volcánica Transmexicana) es una región muy compleja cuyo estudio es obstaculizado por contar con poca o mala distribución de estaciones sismológicas. Precisamente una zona poco estudiada dentro de la Faja es la de Juchitepec-Milpa Alta, localizada desde los 19.0 a los 19.250° de latitud norte y desde los 98.8 a los 99.1° de longitud oeste, al sur de la Ciudad de México. A pesar de que anteriormente se creía que era una zona de baja sismicidad, recientemente se ha observado una constante actividad sísmica registrada desde 1984. Dos temblores relativamente grandes se han generado en esta zona. El primero cerca de Juchitepec en 1984 ($M_c=3.7$) y el segundo cerca de Milpa Alta en 1995 ($M_c=3.9$), y la actividad no ha cesado. A partir de los datos registrados por diferentes redes sismológicas desde 1993 (SISMEX, SSN, CENAPRED), además de la incorporación de los datos del temblor de 1984 y sus réplicas, se realizó la relocalización de estos eventos para determinar el mecanismo de falla más probable y así establecer el grado de peligrosidad al que están expuestos no sólo los pobladores de la zona sino también los habitantes del Distrito Federal. A partir de las distribuciones epicentrales encontradas y proyecciones en perfil de los hipocentros se determinaron dos zonas importantes que indican la presencia de por lo menos dos fallas, con rumbos en la dirección SW-NE aproximadamente y echados estimados de 60° . Estos resultados concuerdan con la información geológica y los mecanismos focales obtenidos. Finalmente, los resultados fueron confirmados al realizar el modelado de las formas de onda de los eventos mejor localizados.

SISG-13

ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA DENTRO DE LA CUENCA DE MEXICO

Javier Lermo y Marcos Chavacán
 Instituto de Ingeniería, UNAM
 E-mail: lermo@inti.iingen.unam.mx

Se presenta la distribución espacial de aproximadamente 100 temblores relocalizados dentro de la cuenca de México a partir de 1974, gracias al registro continuo de la red de SISMEX, SSN y CENAPRED, y a los trabajos preliminares de Prince (1974), Havskov (1981), Rodríguez *et al.*, (1984), Bravo *et al.*, (1987), Yamamoto y Mota (1988), Lermo *et al.*, (2001) y Chavacan y Lermo (2002). Estos eventos presentan magnitudes de coda entre 1.4 a 3.9 y profundidades entre 1.1 a 17 km. Un análisis preliminar de esta sismicidad muestra que estos sismos se pueden agrupar en ocho alineamientos aproximadamente Este-Oeste. Hacia el norte de la cuenca tenemos el alineamiento de Zumpango-Apan. Hacia el centro de la cuenca tenemos tres alineamientos: el de la Sierra de Guadalupe-Textoco, la de Mixcoax y el del Ajusco. Hacia el sur tenemos cuatro alineamientos: Toluca, Milpa Alta, Juchitepec y Zempoala. Estos alineamientos sísmicos están apoyados por rasgos tectónicos, estructurales y mecanismos focales simples y compuestos.

SISG-14

SISMICIDAD REGISTRADA EN LA REGIÓN DEL ESTADO DE PUEBLA DURANTE 1998-2002

González Pomposo G.J.¹, Félix Romero S.G.¹, Pacheco Alvarado J.², Bravo Cervantes D.¹, Hernández Hernández R.¹ y Pérez Soto A.¹

¹ Facultad de Ingeniería, BUAP
 E-mail: pomp_oso@hotmail.com

² Instituto de Geofísica, UNAM

Con el propósito de determinar las características de la actividad sísmica en la región del estado de Puebla, se instalaron dos redes sísmicas, una temporal y otra permanente. La red temporal consistió en la instalación de dos estaciones; la primera de ellas se localizó en la población de Guadalupe Victoria (GVPU) y la segunda en Cuesta Blanca (CBPU), al noreste y este del Estado respectivamente. Se utilizaron sismógrafos digitales portátiles de 24 bits del tipo REFTEK conectados a sismómetros triaxiales de banda ancha del tipo Guralp. Esta red funcionó del 4 de noviembre al 8 de diciembre de 2000. En este periodo se registraron tres sismos, de los cuales solo uno es superficial, pero se encontró fuera de la configuración de la red. La Red Sísmica del Estado de Puebla (RESEP) opera de manera permanente a partir de abril de 1998 y está integrada con tres estaciones analógicas con registro en papel; la primera de ellas se ubica en la Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (UAP), la segunda, en la comunidad de Santa Rosa, municipio de Tecamachalco (SRP) y la última se localiza en las oficinas del

Sistema Estatal de Protección Civil (SEPROCI). Estas estaciones están conformadas por equipos MEQ-800 B con sensor Ranger SS-1. A partir de la fecha de instalación se han obtenido 625 registros que corresponden a 310 eventos de magnitud mayor a 3.7 grados, 7 de ellos corresponden a sismos locales y el resto a eventos regionales. En diciembre de 2001 la RESEP reforzó su instrumentación con la instalación de un registrador digital GSR-18 conectado a un sensor de velocidad GSV, que fue instalado en la Facultad de Ingeniería de la BUAP y hasta el momento, ha registrado 48 eventos de magnitud mayor a los 4 grados, localizados en las regiones de Guerrero, Oaxaca, Alto Río Balsas, Istmo de Tehuantepec, Veracruz y Guatemala. En este trabajo se presentan las características espectrales de los sismos de mayor magnitud registrados por la estación digital y una comparación con los registros analógicos obtenidos por RESEP para los mismos eventos.

SISG-15

EL SISMO (MW 5.9) DE TUXTEPEC, OAXACA DEL 30 DE ENERO DEL 2002

Javier Fco. Pacheco y Shri Krishna Singh
 Instituto de Geofísica, UNAM
 E-mail: javier@ollin.igeofcu.unam.mx

La geometría de la placa de Cocos en subducción bajo el centro de México fue descrita por Singh y Pardo (1993) y Pardo y Suárez (1995). Cerca de la costa, la placa sufre un desdoblamiento para volverse casi horizontal, y continúa en esa posición hasta más allá de 300 km de la trinchera, donde los sismos registrados no sobrepasan los 80 km de profundidad. El extenso catálogo de sismos de Pardo y Suárez (1995), que cubre casi 30 años de sismos relocalizados, no logra detectar sismicidad a profundidades mayores a 80 km. Sin embargo, la continuidad de la placa subducida se infiere por la existencia de volcanismo activo en el eje volcánico Mexicano. El sismo de Tuxtepec del 30 de Enero del 2002 ocurrió en esta zona donde la placa de Cocos se vuelve subhorizontal, a una profundidad de 120 km. Este es la primera evidencia de la placa en subducción más allá de 80 km de profundidad en esta región de México. En esta ponencia se presenta un estudio de la fuente del sismo de Tuxtepec, el cual muestra un mecanismo focal de fallamiento normal sobre un plano de falla con orientación NW-SE, que coincide con la orientación del eje de tensión de otros eventos reportados por Pardo y Suárez (1995) para la región. En este sentido el evento está dentro de lo esperado, sin embargo, las aceleraciones registradas por estaciones acelerográficas muestran una mayor aceleración pico que la esperada para un sismo de magnitud 5.9. En este trabajo se compara la aceleración pico registrada para este sismo y otros de similar magnitud y profundidades intermedias, además de la caída de esfuerzos calculada para este evento y otros de profundidad intermedia. Se encuentra que el sismo de Tuxtepec presenta aceleraciones que sobrepasan el valor esperado por un factor mayor a 3 y una caída de esfuerzos que sobrepasa por un valor de 4 a la promedio para sismos de profundidad intermedia registrados en México.

SISG-16

SIMULACION NUMERICA DEL MOVIMIENTO FUERTE EN LA CIUDAD DE MEXICO: UNA TECNICA HIBRIDA PARA LA EVALUACION EFICIENTE DE LOS EFECTOS DE AMPLIFICACION DE SITIO Y DE TRAYECTO DE PROPAGACION PARA DIFERENTES TIPOS DE SISMOS

Cruz J.H.¹, Furumura T.² y Chávez-García F.J.¹¹ Instituto de Ingeniería, UNAM

E-mail: hcj@gea.iingen.unam.mx

² Earthquake Research Institute, University of Tokyo

La estimación de escenarios de movimiento fuerte causados por sismos futuros de gran magnitud es un tema muy importante para la sismología de movimiento fuerte. Esto se hizo notar con el gran sismo de Michoacán en 1985, el cual causó gran daño a la ciudad de México, localizada a más de 300 km del epicentro. Puesto que el campo de onda sísmico está caracterizado por los efectos de fuente, trayecto y sitio, los patrones de movimiento fuerte de diferente tipo de sismos debería ser significativamente diferente. En este estudio se han estimado los escenarios para sismos de profundidad intermedia con fallamiento normal, someros interplaca con fallamiento inverso, y corticales, usando una técnica híbrida de simulación. El carácter del campo de onda sísmico que se propaga desde la fuente a la Ciudad de México para cada sismo se calculó usando el método pseudo-espectral en 2 dimensiones para ondas SH. Las amplificaciones de sitio en la estructura somera de la Ciudad de México se calcularon usando la teoría de reverberaciones múltiples de ondas SH. Los escenarios de movimiento fuerte máximo para sismos intraplaca e interplaca obtenidos por la simulación concuerdan con las observaciones. Esto indica la efectividad de la técnica híbrida de simulación para investigar el daño del movimiento fuerte de sismos futuros.

SISG-17

ZONAFICACIÓN DE INTENSIDADES DE LOS SISMOS GRANDES POR INTERNET

Yi Tan Li y Casiano Jiménez Cruz

Instituto de Geofísica, UNAM

yi@ssn.ssn.unam.mx

Después de ocurrir un sismo grande, es importante conocer las intensidades generadas en distintos lugares por el terremoto.

Esta información es muy valiosa para estimar el patrón del movimiento del terreno producido por el temblor y para otros estudios sismológicos posteriores. También es muy útil para la autoridad de protección y el público en general.

Por tal motivo, el Servicio Sismológico Nacional dispone de una página de WEB para coleccionar las informaciones proporcionadas Internet las personas afectadas de diferentes lugares pueden reportar sus observaciones de los efectos

ocasionados por el temblor. A base de esta información reportada, se construye un mapa de distribución de intensidades por "municipios".

El presente trabajo describe el procedimiento desde la colección y procesamiento de los datos reportados por el público hasta la generación del mapa de distribución de intensidades. Se pretende automatizar el procedimiento y construir un base de datos con una interfase adecuada para que los interesados puedan consultar fácilmente esta información por Internet.

SISG-18

COMPORTAMIENTO SISTEMÁTICO DE BAJAS ACELERACIONES PROVOCADAS POR SISMOS DE TRINCHERA EN MÉXICO: EL CASO DEL 18 DE ABRIL DEL 2002

A. Iglesias¹, S.K. Singh¹, J.F. Pacheco¹, L. Alcántara², M. Ortiz³ y M. Ordáz²¹ Depto. de Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: amg@ollin.igeofcu.unam.mx

² Instituto de Ingeniería, UNAM³ Depto. de Oceanografía Física, CICESE

Estudios previos demuestran que los sismos localizados cerca de la trinchera, muestran energía deficiente en altas frecuencias. Basado en esta observación, Shapiro et al. (1998) propusieron un método para evaluar el potencial tsunamigénico de sismos ocurridos cerca de la trinchera mesoamericana. El método consiste en el cálculo del cociente (ER) de la energía total del sismo entre la energía a altas frecuencias ($f > 1$ Hz). Si este valor es grande ($ER > 100$) el sismo se considera potencialmente tsunamigénico.

Dado que la energía a altas frecuencias es deficiente, es razonable pensar que también las aceleraciones máximas de los sismos de trinchera son pequeñas con respecto a los sismos ubicados cerca de la costa.

En este trabajo encontramos que, efectivamente las aceleraciones máximas de sismos de trinchera son anormalmente bajas para estaciones a lo largo de la costa así como en el Valle de México. Esto implica que, aunque para las poblaciones costeras exista riesgo de tsunami, los daños provocados a estructuras podrían ser menores que aquellos causados por sismos costeros de igual magnitud.

Un ejemplo de las bajas aceleraciones provocadas por sismos de trinchera es el evento del 18 de Abril del 2002 (16.8N, 101.1W, Mw 6.3) que a pesar de su magnitud y localización, no generó una alerta por parte del Sistema de Alerta Sísmica (SAS) ya que aparentemente las estaciones del SAS no excedieron los 5 gal.

SISG-19

MODELING OF STRONG GROUND MOTIONS OBSERVED FOR THE 09/10/95, MW=8, COLIMA-JALISCO (MEXICO) EARTHQUAKE

Mario Chávez¹ and Kim B. Olsen²¹ Instituto de Ingeniería, UNAM

E-mail: chavez@servidor.unam.mx

² Institute for Crustal Studies, University of California, Santa Barbara, CA., USA

The 9th of October 1995 Colima-Jalisco subduction thrust type of earthquake. ($M_s=7.4$, $M_w=8.0$, depth=17Km) with epicenter in the Middle American Trench, at about 35Km southwest of Manzanillo (MZ), Mexico, produced considerable damage in constructions located in the epicentral zone, some damage at Ciudad Guzman (CG) at an epicentral distance of 140Km and at about 240Km of the epicenter light damage was also observed at the city of Guadalajara (G). Three components strong ground motion records were obtained for the mainshock (as well as for the 6th and 12th of October foreshock and aftershock) at MZ, CG, and G.

In this study we present broadband synthetics generated by a hybrid modeling technique and compare them with the accelerograms recorded at the three mentioned sites. The long period (<1Hz) synthetics were simulated using a 4th order finite difference method (Olsen, Ph.D. Thesis, Utah Univ., 1994). The high-frequency (>1Hz) synthetics were generated with the empirical Green function technique, EGFT (Irikura, Procc. 7th JEESS, 1986). For the (<1Hz) modeling recently obtained seismotectonic and geological information for the region of interest was used. For the EGFT the source information for the main event and for the fore and aftershocks was used, also the recordings of the latter two were utilized. The comparison of the synthetics with the observed strong ground motions in the near (MZ), intermediate (CG) and far field (G) is satisfactory for the entire modeled bandwidth, including local soil effects. Our hybrid method allows the generation of more reliable estimates of seismic regions such as where MZ, CG, and G are located.

SISG-20

INSTRUMENTACIÓN DEL EDIFICIO 124 DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, BUAP

González Pomposo G.¹, Pérez Soto A.¹, Alcántara Nolasco L.², Avila Ramírez B.¹, Posada Sánchez A.E.¹, Teutle Trujeque M.R.¹ y De la Luz Santacruz E.¹¹ Facultad de Ingeniería, BUAP

E-mail: pomp_oso@hotmail.com

² Instituto de Ingeniería, UNAM

En el estado de Puebla está situado en una región que se ve afectado por la actividad sísmica generada en la zona de subducción del Pacífico, por eventos de fallamiento normal y por eventos de tipo local. Estos sismos históricamente han ocasionado cuantiosas pérdidas tanto materiales como

humanas, ejemplos claros son los casos de los sismos de agosto de 1973, octubre de 1980 y junio de 1999. Este último evento hizo notable la vulnerabilidad de las estructuras tanto modernas como coloniales en las ciudades de Puebla y la región de Tehuacán. Particularmente, uno de los edificios de la Facultad de Medicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla sufrió un daño considerable que lo hizo inoperable y tuvo que ser demolido. Actualmente, el Estado cuenta con cuatro centros urbanos importantes con acelerado crecimiento económico, poblacional e industrial. Estos centros de crecimiento se encuentran expuestos al riesgo que implica la actividad sísmica mencionada, lo que ha motivado la realización de estudios de sismicidad en la zona, así como el estudio de las propiedades dinámicas de los edificios. En este trabajo se presenta la instrumentación del edificio 124 de la Facultad de Ingeniería de la BUAP para la determinación de sus propiedades dinámicas bajo las condiciones actuales de funcionamiento ante la acción sísmica. Con este propósito se instalaron dos acelerógrafos triaxiales de balance de fuerza ubicados en el primer nivel y la azotea, al centro de la estructura. La etapa preliminar del proyecto consistió en la instrumentación inicial del primer nivel durante un periodo de ocho meses para monitorear su sensibilidad en relación con la aceleración registrada en campo libre. En este lapso se han registrado dos eventos para los cuales se determinaron los espectros de Fourier y la relación de amplificación contra el registro de campo libre. En este trabajo se presentan las relaciones de amplificación encontradas para el primer nivel respecto a la base y la colocación de la nueva instrumentación.

SISG-21

LA ESTACIONARIDAD DEL RUIDO SÍSMICO Y EL MÉTODO SPAC. RESULTADOS DE UNA NUEVA TENDENCIA

M. Rodríguez¹, E.J. Chávez-García¹ y W.R. Stephenson²¹ Instituto de Ingeniería, UNAM

E-mail: mrod@gea.iingen.unam.mx

² IGNS, Lower Hutt, New Zealand

El método SPAC de análisis de vibración ambiental fue presentado hace ya algunas décadas por Aki (1957). Este método requiere de un promedio acimutal de las funciones de correlación calculadas con mediciones de microtemblores registrados en arreglos de estaciones sismológicas. Resultados usando SPAC aparecen repetidamente en la literatura, sin embargo no hay modificaciones significativas que contribuyan a la mejora del método original. En este trabajo proponemos una visión renovada de SPAC, introduciendo la idea de aprovechar la estacionaridad temporal de la vibración ambiental como sustituto del promedio acimutal. Esta idea tiene varias ventajas de las cuales citamos aquí las dos más importantes: No hay necesidad del registro simultáneo usando un arreglo de estaciones, en el que la ubicación de las estaciones obedece a esquemas poco flexibles; Podemos obtener resultados para un gran número de distancias entre estaciones. La propuesta ha

sido probada usando los datos obtenidos por el arreglo temporal de Parkway, Wainuiomata, el cual operó casi dos meses durante 1994. Los resultados son excelentes.

SISG-22

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO SÍSMICO EN EL VALLE DE MÉXICO A PARTIR DE ARREGLOS VERTICALES

Martín Cárdenas Soto¹ y Francisco J. Chávez García²

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

E-mail: martinc@servidor.unam.mx

² Instituto de Ingeniería, UNAM

La respuesta sísmica del valle de México es estudiada mediante el análisis de datos de movimientos fuertes registrados en arreglos acelerométricos en pozo. El análisis de los datos muestra que la duración del movimiento sísmico está relacionada con la respuesta sísmica que se produce en periodos cercanos al periodo fundamental del sitio (T_0). En periodos mayores que T_0 , observamos que el campo de onda esta compuesto por ondas superficiales que se propagan en la dirección epicentral, y ondas originadas en algún otro límite geológico alrededor del valle de México. Hemos estudiado la correlación de los registros en función del tiempo y la frecuencia. En el caso de un arreglo triangular, fue posible determinar la dirección y velocidad de propagación del campo de ondas que cruza el arreglo. Los resultados muestran que la respuesta sísmica de la cuenca de la ciudad de México resulta de la interacción de ondas superficiales guiadas por las secuencias volcánicas del Eje Volcánico Transmexicano (EVT) con la respuesta sísmica de los depósitos de arcilla de la zona de lago. El campo de onda en la ciudad de México tiene larga duración como resultado de la incidencia de trenes de onda independientes, originados por la presencia del EVT, que viajan con diferentes velocidades de propagación.

SISG-23

INFLUENCIA ANTROPOGÉNICA A LA SISMICIDAD EN EL VALLE DE MEXICALI

Sarytchikhina O., Glowacka E., Díaz de Cossio G., Nava F.A. y Contreras J.

CICESE

E-mail: osarytch@cicese.mx

El Valle de Mexicali esta caracterizado por alto nivel de sismicidad natural, volcanismo, fenómenos geotérmicos y deformaciones superficiales relacionados con su origen geotectónico. Aparte de los fenómenos naturales la extracción de fluidos en el Campo Geotérmico Cerro Prieto (CGCP) situado en el Valle de Mexicali produce deformaciones con gran magnitud (Glowacka *et al.*, 1999). Es bien conocido y documentado que las deformaciones del terreno pueden acompañar la producción de fluidos en los campos geotérmicos (Narasimhan y Goyal, 1984, Allis 1999). El monitoreo y la modelación de este fenómeno ayuda a entender y minimizar los efectos de la subsidencia. Mossop y Segall (1997) y Fialko y

Simons (2000) evaluaron modelos de subsidencia para algunos campos geotérmicos en Estados Unidos. Subsidencia en el CGCP fue también observada en la parte desértica del campo por medio de InSAR y modelada usando cuerpos de Mogi (Carnec y Fabriol, 1999, Hansen 2001).

En el presente trabajo se usa cuerpos de Mogi y datos de nivelación para modelar la subsidencia ubicada tanto en la parte desértica como en la parte agrícola de la zona del hundimiento. Se analiza los resultados de la modelación comparando los con las componentes horizontales de deformación obtenidas por medio de mediciones de GPS.

SISG-24

EVIDENCIA ESTADÍSTICA DE INTERACCIÓN ENTRE GRANDES SISMOS DE SUBDUCCIÓN EN LA REGIÓN SISMOGÉNICA DEL PACÍFICO MEXICANO

Miguel Ángel Santoyo, Shri Krishna Singh y Mario Ordaz Schroeder

Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: masantoyo@yahoo.com

Instituto de Ingeniería, UNAM

Es ampliamente reconocido que los grandes sismos generados por fallas tectónicas, conforman secuencias temporales que sustancialmente difieren de un proceso de Poisson, y que estos eventos ocurren en forma de agrupamientos o "clusters" tanto en el tiempo como en el espacio. En este esquema, dado un sismo en un sitio determinado, la probabilidad de que más eventos ocurran en la misma región aumenta. Por otra parte, diversos autores han observado que las perturbaciones en el estado de esfuerzos tectónicos provocadas por grandes sismos, pueden influir en la ocurrencia de nuevos sismos en sus cercanías. De hecho, éstos últimos pueden incluso llegar a tener magnitudes similares o mayores que sus antecesores.

Con el fin de analizar el comportamiento espacial y temporal de la ocurrencia de sismos en la región sismogénica del Pacífico sur de México, y tomando en cuenta las consideraciones anteriores, en este trabajo se presenta un método de conteo y análisis de los tiempos entre grandes eventos de subducción ($M_s \geq 6.9$), para sismos ocurridos desde 1900 a la fecha. Se toma este rango de tiempo para el análisis debido a que el catálogo de sismos ($M_s \geq 6.5$) en México se encuentra completo a partir de esta fecha.

Así, el método se basa en la interacción entre sismos producida por la transferencia de esfuerzos cosísmicos de Coulomb a la región circundante del área de ruptura. Debido a lo anterior, el método tiene la ventaja de que para el conteo, no se requiere definir a priori una segmentación del área sismogénica. Para el análisis estadístico, se propone como hipótesis de trabajo, el que el comportamiento de los tiempos entre eventos obtenidos mediante el método descrito difiere de un proceso de Poisson, y que éste además describe la ocurrencia de los sismos en agrupamientos o "clusters".

Consecuentemente, se propone como la hipótesis nula, que la ocurrencia de los sismos de subducción describe un proceso de Poisson. Para las pruebas de hipótesis se utiliza el Método de Bondad de Ajuste χ^2 , el cual permite definir de manera confiable el comportamiento de los datos.

Los resultados del análisis muestran que los tiempos entre grandes sismos de subducción no describen un proceso de Poisson y evidencian la interacción entre eventos de este tipo. Así mismo, estos tiempos presentan un agrupamiento marcado en el intervalo de (0.2-5) años, con una probabilidad de ocurrencia mucho mayor que la pronosticada por un proceso de Poisson.

SISG-25

ULTRA-LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC EMISSION RELATED TO SEISMIC ACTIVITY IN MEXICO DURING 2000-2001

A. Kotsarenko¹, R. Perez Enriquez¹, J.A.L. Cruz Abeyro¹, S. Koshevaya² and V. Grimalsky³

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.
E-mail: kotsarenko@geociencias.unam.mx

² CIICAp, Universidad Autónoma del Estado Morelos

³ Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Puebla, Mexico

Results of the ultra-low frequency (ULF) emission related to electromagnetic (EM) activity of a seismic origin in Mexico at the period 2000-2001 are presented. Data are collected at the Teoloyucan station, Mexico, by 3-component fluxgate magnetometer designed at UCLA, USA. Whole-day records with a sampling rate 1 Hz were used to provide the most profound analysis and interpretation. Statistical signal characteristics were studied for different frequency sub-bands in a frequency range 0.001 mHz - 0.5 Hz. A comparison between ULF wave activity and $\sum(K_p) S_q$ indices as well as polarization ratio (Z/G) were applied to distinguish signals of seismic-related origin from the ionospheric ones. Algorithms to reduce artificial noise level were included in data processing methods.

Power spectral density S for each component has been interpreted as $S(f) = \exp(-(1-1/D)f) S_d(f)$, where $S_d(f)$ is de-trended term of the spectra, D is a fractal index. Spectral ratios $R = S_{d,z}/S_{d,g}$ (where G is H , D , and total horizontal component) at different frequency sub-bands and their derivatives F were constructed. The results have been analyzed through two different conceptions: the conventional one, when the possible precursor can be found, and the conception of Self-Organized Criticality when the earthquake is principally unpredictable. Temporal evolution of running mean values for $S_d(f)$, R , F have been presented in two ways: a customary one (daily variations), in order to study the general tendencies of ULF EM emission appearance, and by superposed epoch analysis of selected events. The main criteria for superposition have been chosen to include earthquakes of comparable magnitudes and their similar seismic indices. Obtained results reveal some peculiarities,

which could be interpreted as possible magnetic precursors. The most expressed effects are observed at the frequency sub-band 1-10 mHz, that corresponds to the typical sources of ULF EM emission [1]. The evolution of a polarization ratio R (as well as $\sum(K_p) S_q$ indices) is also taken into account for a separation of the ionosphere signals from tectonic ones. Some ionospheric signals such as MHD perturbations that occurred due to geomagnetic activity also have been analyzed. Time of occurrence and mentioned characteristics of MHD pulsations have been analyzed in terms of a possible correlation with seismic events. Finally, the filtered data have been compressed and converted to ordinary sound files and studied by regular audio listening. The most interesting findings related to the earthquake occurrence time were described and classified. The considered problem is very promising for investigations of natural hazards.

M. Hayakawa, R. Kawate, O. Molchanov and K. Yumoto, 1996. Geophys. Res. Lett. 23, 241-244.

SISG-26

CARACTERÍSTICAS DE LA PROPAGACIÓN SÍSMICA AL SUR DEL EJE VOLCÁNICO TRASMEXICANO

H. Ferrer-Toledo^{1,2}, M. Cárdenas-Soto³ y E.J. Chávez-García²

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
E-mail: ferrer@upaep.mx

² Instituto de Ingeniería, UNAM

³ Facultad de Ingeniería, UNAM

Las características de propagación del movimiento sísmico al sur del Eje Volcánico Trasmexicano (EVT) son estudiadas mediante el análisis de registros de movimientos fuertes. Para ello, se conformó una base de datos con 11 eventos de la zona subducción ($5.5 < M < 7.5$) registrados a lo largo de una línea de 9 estaciones localizadas desde Mezcala, Gro., hasta la ciudad de México. El análisis de los datos consistió en un estudio cualitativo de los registros filtrados en diferentes bandas de frecuencia y en el cálculo de diagramas de dispersión de ondas superficiales. Los resultados muestran que la propagación del movimiento sísmico en el centro del país puede caracterizarse en dos bandas de periodo. En periodos mayores de 5 s observamos predominio de ondas superficiales que cruzan la porción sur del EVT sin pérdida de amplitud y sin modificación sustancial de la forma de onda. El predominio de estas ondas ocurre principalmente en trayectorias Norte-Sur. En la banda de 2 a 6 s de periodo, se observa que el movimiento sísmico registrado en dos sitios firmes, Ciudad Universitaria y Cuernavaca, es amplificado y la duración se incrementa hasta un factor dos con respecto al resto de las estaciones ubicadas al sur del EVT (Mezcala, Tonalapa, Iguala, Teacalco y Yautepec). Un estudio de efectos de sitio muestra que la amplificación observada no corresponde a efectos locales. De este modo, la presencia del EVT se traduce en amplificación e incremento de la duración del movimiento, fenómenos que deben ser considerados al evaluar el riesgo sísmico al que está expuesto el centro del país.

SISG-27

IDENTIFICACIÓN DE UNA FASE P-SV EN UN PERFIL DE REFRACCIÓN SÍSMICA SOMERA MULTICOMPONENTE

L. Ávila-Dorador y M. Rodríguez
 Instituto de Ingeniería, UNAM
 E-mail: lavila@gea.iingen.unam.mx

Seis perfiles de refracción sísmica somera fueron realizados recientemente en el oriente de la cuenca de México, para estudiar la estructura somera de la velocidad de propagación de ondas sísmicas en el sitio. La extensión de cada perfil es aproximadamente 300 m, cubiertos con catorce estaciones sismológicas, tres componentes, y separadas entre 10 y 50 m.

Los sismogramas obtenidos para distancias entre 50 y 200 metros en los componentes vertical y longitudinal de dos perfiles tienen amplitud sobresaliente en una fase registrada entre 0.9 y 1.1 s., medidos desde los tiempos de primeros arribos, la cual tiene frecuencia predominante cerca de 6.0 Hz y carácter impulsivo. Con base en el análisis del movimiento de la partícula de los sismogramas previamente corregidos por el instrumento, la convención de polaridad y la instalación de los sensores, estimamos los ángulos aparentes de incidencia y polarización. Los resultados son clara manifestación de que la fase identificada contiene frentes de onda llegando de manera subhorizontal y con movimiento polarizado tipo SV. Actualmente exploramos de manera numérica el efecto que las variaciones en los parámetros mecánicos de la estructura tienen sobre los sismogramas sintéticos, para explicar las diferentes características de esta fase en los seis perfiles.

SISG-28

DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL MOHO EN CHIAPAS, MÉXICO MEDIANTE EL USO DE ONDAS S Y SP

Carlos Narcia López, Raúl Castro y Cecilio Rebollar
 Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
 E-mail: cnarcia@cicese.mx

Usando la diferencia entre los tiempos de arribo de fases convertidas (Sp) y directas (S), fué posible estimar la profundidad de la discontinuidad del Moho por debajo de 4 estaciones sísmicas digitales que operaron en el estado de Chiapas en el periodo 1994-1998. También se determinaron valores promedio de las velocidades de propagación sísmica de la corteza y del manto superior. Los datos usados consisten de registros digitales de tres componentes correspondientes a 35 eventos regionales de magnitud moderada ($3.6 < M < 5.3$) y profundidad focal entre 60 y 300 Km. Para una mejor identificación de las fases, se usaron las componentes longitudinal y vertical obtenidas de la rotación de cada registro en la dirección epicentro-estación.

Los valores de espesor y velocidades fueron estimados para cada una de las cuatro estaciones, en las que la corteza y el manto superior se idealizaron como dos medios homogéneos separados por una discontinuidad horizontal, representativa de la discontinuidad del Moho. La función objetivo (función del espesor y las velocidades) que modela la diferencia entre los tiempos de las fases Sp y S fue desarrollada al primer término de la expansión de Taylor y posteriormente, mediante la técnica de descomposición en valores propios, se implementó un método de inversión matricial iterativo para estimar los valores de espesor y velocidades mas óptimos.

En los resultados obtenidos se observa una diferenciación clara, tanto en el espesor de la corteza como en la velocidad del manto superior, entre las estaciones localizadas cerca de la Trinchera Mesoamericana y las que se encuentran relativamente lejos de este límite. Para las estaciones localizadas en Tapachula y Arriaga, que son las más cercanas a la trinchera, se obtuvieron espesores de 17 y 28 Km, respectivamente, los cuales pueden considerarse bajos si se comparan con los valores de 49 y 53 Km que se obtuvieron, respectivamente, para las estaciones de Tuxtla Gutiérrez y Comitán. De manera similar, las velocidades para ondas de corte en el manto superior también marcan esta diferencia notable, observándose que para el primer par de estaciones los valores son iguales a 4.1 Km.s⁻¹ y para el otro grupo las velocidades varían de 5.7 a 5.6 Km.s⁻¹. Las velocidades de corte promedio para los diferentes sectores de la corteza varían de región a región. En Tuxtla Gutiérrez y Comitán se observan velocidades de 3.5 y 3.7 Km.s⁻¹, respectivamente. Para la ciudad de Arriaga se estimó un valor de 3.8 Km.s⁻¹, seguramente influenciado por la presencia de la intrusión precámbrica granítica conocida como el Macizo Granítico de Chiapas. Por otra parte, en Tapachula, en donde se encuentran ubicados el volcán activo Tacaná y el límite transformante entre las placas de Norteamérica y del Caribe, se obtuvo un valor de 3.3 Km.s⁻¹.

En general, la corteza por debajo de Chiapas presenta incrementos hacia el noreste. Estos incrementos probablemente están controlados por la geometría de la zona de Bienoff-Wadati propuesta por Espíndola (1996).

SISG-29

ATENUACION Y EFECTOS DE SITIO EN LA REGION DE GUADALUPE, ANTILLAS MENORES

Raúl R. Castro¹, Hubert Fabriol², Myriam Bour² and Benoit Le Brun²

¹ Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
 E-mail: raul@cicese.mx

² BRGM, Marseille, France

Usamos acelerogramas de 23 sismos de magnitud moderada (M 2.9-5.5) localizados al norte de las Antillas Menores para estimar la atenuación de las ondas S y los efectos de sitio de la red acelerográfica de Pointe-à-Pitre operada por el Servicio Geológico Francés (BRGM). Encontramos funciones empíricas a diferentes frecuencias, entre 0.6 y 25.0 Hz, para

caracterizar el decaimiento de las amplitudes espectrales con la distancia. Estas funciones las usamos posteriormente para corregir los espectros de aceleración por efecto de atenuación y con los datos corregidos separamos los efectos de la fuente y la respuesta sísmica de los sitios mediante una inversión espectral. Comparamos las funciones de sitio obtenidas con estimaciones previas reportadas por Le_Brun y otros (2001) usando la técnica de cocientes espectrales y el método de Nakamura. Encontramos que las funciones de sitio determinadas por cada una de las 3 técnicas son similares. Para determinar el factor de calidad Q de las ondas S , modelamos las funciones empíricas de atenuación mediante un modelo paramétrico, en el cual la función de dispersión geométrica puede variar con la frecuencia. Encontramos que en la banda de frecuencias analizada ($0.3 < f < 25$ Hz) Q depende de la frecuencia y tiene valores de entre 20 y 500. Además, la función de dispersión geométrica varía con la frecuencia, particularmente para trayectorias fuente-estación someras ($H < 34$ km).

SISG-30

DISPERSION Y ATENUACION DE ONDAS TERMOELASTICAS EN MEDIOS COMPUESTOS DE INCLUSIONES ESFERICAS

F.J. Sabina¹, O.C. Valdiviezo² y V.M. Levin³¹ IIMAS, UNAM

E-mail: fjs@uxmyml.iimas.unam.mx

² DGETI, CETIS³ Instituto Mexicano del Petróleo

SE ESTUDIA EL PROBLEMA DE LA PROPAGACION DE ONDAS TERMOELASTICAS EN UN MEDIO CON INCLUSIONES ESFERICAS DISTRIBUIDAS AL AZAR. AMBOS MEDIOS PUEDEN POSEER PROPIEDADES TERMOELASTICAS. SE RELACIONA AL ESFUERZO MEDIO CON LA DEFORMACION MEDIA CALCULANDO UNA SOLUCION APROXIMADA DEL PROBLEMA DE UN SOLO DISPERSOR DANDO POR RESULTADO LAS PROPIEDADES TERMOELASTICAS DEL COMPUESTO. DICHO PROBLEMA SE RESUELVE POR MEDIO DE UNA ECUACION INTEGRAL EN TERMINOS DE LA FUNCION DE GREEN. SE USA LA TECNICA DEL MEDIO EFECTIVO Y UN ALGEBRA ESPECIALMENTE DISEÑADA PARA RESOLVER LA ECUACION TENSORIAL RESULTANTE. LOS RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRAN QUE LAS ONDAS P SE DISPERSAN Y ATENUAN MOSTRANDO UN FENOMENO DE RESONANCIA CUANDO LA LONGITUD DE LA ONDA ES COMPARABLE CON EL RADIO DE LA ESFERA. SE ILUSTRAN LOS RESULTADOS CON DATOS OBTENIDOS PARA UN PEGAMENTO EPOXICO CARGADO DE PARTICULAS DE TALCO DE LUZENAC. ESTOS RESULTADOS TAMBIEN TIENEN INTERES PARA ESTUDIAR EL EFECTO DE LA DISPERSION Y ATENUACION EN ROCAS DONDE LOS EFECTOS TERMICOS SON IMPORTANTES. SE COMPARAN LOS RESULTADOS CON EL CASO PURAMENTE ELASTICO.

SISG-31

ANISOTROPÍA DE LA ONDA SKS DEBAJO DE ESTACIONES DENTRO Y FUERA DEL EJE VOLCÁNICO TRANSVERSAL

Raúl Valenzuela Wong, José Antonio Lozada Pérez y Jeremías Basurto García

Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: raul@ollin.igeofcu.unam.mx

Calculamos los parámetros que describen la anisotropía del manto superior debajo de estaciones de banda ancha usando registros de la onda SKS en las componentes radial y transversal. Los parámetros que se usan para cuantificar la anisotropía son el tiempo de retardo (dt) y la dirección de polarización de máxima velocidad (fi). Estudios anteriores han demostrado que el episodio tectónico más reciente en una región en particular produce anisotropía del manto superior y por tanto determina la orientación de fi y la magnitud de dt . En caso de que no hayan ocurrido eventos tectónicos en la región, entonces la anisotropía es controlada por la dirección del movimiento absoluto de la placa tectónica. De esta manera las mediciones de anisotropía nos ayudan a ampliar nuestro conocimiento de la evolución tectónica de México.

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 dos componentes horizontales. A continuación se hace una búsqueda en el espacio de posibles soluciones variando fi en intervalos de 1 grado entre valores de 0 y 180 grados. Se rotan los ejes coordenados en incrementos de 1 grado y se calculan la autocorrelación y la correlación cruzada de las dos componentes. 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. Se calculan los valores característicos que corresponden a cada combinación de dt y fi . 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 dt y fi y se rotan para comprobar que los parámetros calculados pueden eliminar la anisotropía.

Presentamos los resultados obtenidos al analizar los sismos del 8 de abril de 1999 y del 28 de junio de 2002, los cuales ocurrieron muy cerca uno del otro en la zona de subducción de Japón. Estos sismos nos proporcionaron registros en 20 estaciones de banda ancha del Servicio Sismológico Nacional y nos han arrojado valores de dt entre 0.65 y 2.75 s. Es posible distinguir diferencias entre estaciones dentro y fuera del Eje Volcánico Transversal.

REDES LOCALES SÍSMICAS EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA: FALLA AGUA BLANCA

J. Frez, J. Acosta, S. Alvarez, G. Arellano, J. Carlos, R. García, A. Nava, J. González y M. Alvarez

Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

E-mail: jofrez@cicese.mx

La falla Agua Blanca domina morfológicamente en los mapas del norte de Baja California indicando un alto estado de madurez y de actividad en los últimos millones de años. Estudios de paleosismicidad y geomorfológicos indican la presencia de sismos destructivos recientes, aunque no históricos. Con estos antecedentes, la falla se incluye en la interpretación de datos de geodesia satelital, produciendo un movimiento semejante o mayor al de la falla San Miguel. Sin embargo, la actividad sísmica reportada en catálogos regionales (SCSN y RESNOM) es prácticamente nula para la falla Agua Blanca y de alta actividad para el sistema de fallas San Miguel. En esta presentación, reportamos el monitoreo de la sismicidad de la falla Agua Blanca utilizando una red local (35 estaciones refteks, tres componentes, dos meses, grabación digital continua) instalada en el 2001 con financiamiento del CONACYT.

La sismicidad registrada y asociada claramente a la falla es escasa y de magnitudes menores a 2.0; por lo tanto, está debajo del umbral de sensibilidad de la red RESNOM y, con mayor razón, de la SCSN. Aún tomando en cuenta los errores de localización en la coordenadas espaciales, se concluye la existencia de actividad sísmica entre las fallas Tres Hermanos (del sistema San Miguel) como también al sur de la traza de la falla. Este tipo de actividad no aparece asociada a fallas mapeadas en la región ni es suficientemente intensa como para resolver alineaciones en su distribución epicentral. Por otro lado, hemos localizado actividad compuesta de enjambres que se asocia al valle Trinidad-San Matías, hacia el SE de la falla y cerca de su intersección con el sistema Sierra Juárez. Algunos epicentros ubicados al SW de ese valle pertenecen a una distribución en forma de cinta que aparece en los mapas regionales; esta distribución une el extremo SE de la falla Agua Blanca con la costa del Pacífico en dirección perpendicular a la del sistema San Miguel. Las profundidades de los sismos claramente asociados a la falla Agua Blanca están entre los 11 y 14 km. La presentación incluye mayores detalles de la sismicidad registrada, incluyendo los de algunos mecanismos focales bien determinados.

REDES LOCALES SÍSMICAS EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA: AVANCES EN LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

J. Frez, J. Acosta, A. Nava, J. González, H. Fabriol y M. Alvarez

Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

E-mail: jafrez@cicese.mx

Desde 1997, hemos instalado redes sísmicas locales en el norte de Baja California (estaciones reftek, grabación digital por disparo o continua, tres componentes, de uno a cuatro meses). Hemos cubierto casi todos los sistemas de fallas de la región: Cerro Prieto, sistema San Miguel (fallas San Miguel, Tres Hermanos, Ojos Negros y Vallecitos, además del Valle de Ojos Negros), Agua Blanca y Sierra Juárez. Los resultados inmediatos son unos 2000 hipocentros y 500 mecanismos focales, además de información acerca de la estructura sísmica. La interpretación de los resultados cubre varios rubros de la sismotectónica actualmente activa, entre los cuales están: a) el papel del valle Ojos Negros en la sismotectónica regional; b) la existencia de alineaciones ortogonales de epicentros no necesariamente asociada con fallas mapeadas; c) la distribución regional y local de los ejes P y T de los mecanismos focales; d) la falta de sismicidad de la falla que más se destaca morfológicamente, Agua Blanca (tema de otra presentación). Entregamos detalles de la distribución de hipocentros y mecanismos focales asociados al valle Ojos Negros; la información indica un régimen de extensión; la restante sismicidad del sistema San Miguel se asocia a una distribución en dirección perpendicular al sistema y/o a actividad entre las fallas Vallecitos y San Miguel, así como a actividad claramente asociada al segmento SE de la falla San Miguel, donde ocurrieron sismos destructivos en 1954/1956. Parte de la sismicidad localizada muestra la existencia de segmentos cortos (~15 km) ortogonales que se inscriben en segmentos más largos, también distribuidos ortogonalmente; estos últimos aparecen en los mapas de sismicidad regional (SCSN y RESNOM). Muchas de estas alineaciones no están asociadas a trazas mapeadas de fallas. La interpretación más simple de estos resultados es que esta actividad representa procesos tectónicos muy nuevos que están en desarrollo y que aún no se manifiestan a través de fallas con rompimiento en superficie. De este modo, una parte importante de la sismicidad no puede ser incluida en la interpretación de datos geológicos. La distribución de los ejes P y T indica una relativa constancia en las direcciones de los máximos para los distintos lugares de estudios; existen, además, máximos locales con variaciones cuya significación estamos tratando de determinar.

SISG-34

RED SISMICA NARS-BAJA PARA EL MONITOREO DE LA SISMICIDAD DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MEXICO

Raúl R. Castro¹, Cecilio J. Rebollar¹, Arturo Pérez-Vertti¹,
Jeannot Trampert², Hanneke Paulssen², Arie van Wettum²,
Jeroen Ritsema³ and Robert Clayton³

¹ Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
E-mail: raul@cicese.mx

² Faculty of Earth Sciences, Utrecht Universit, The Netherlands

³ Seismological Laboratory, California Institute of Technology, USA

La red NARS-Baja consiste de 19 estaciones sismológicas de banda ancha instaladas a lo largo de la península de Baja California y en las regiones oeste de Sonora y noroeste de Sinaloa. La instalación inició en la primavera del 2002 y se espera completarla al final del año. Esta red, que operará por al menos 5 años, es el resultado de un esfuerzo conjunto entre la Universidad de Utrecht (UU, Holanda), el Instituto Tecnológico de California (Caltech, EUA) y el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE, Mexico). 14 estaciones de la red son propiedad de la UU y consisten de sensores STS2 conectados a registradores recientemente desarrollados en esa universidad cuyo rango dinámico da acceso hasta 140 db a un periodo de 100 seg. Estos registradores, además, son suficientemente robustos para garantizar su operación en áreas remotas. Estas estaciones complementarán 5 instrumentos adicionales del CICESE: dos Quanterra Q680 conectados a sismómetros STS2, y tres Guralp de 24 bits conectados a sensores CMG-3ESP y uno a un CMG40T.

La red NARS-Baja mejorará el nivel de detección de sismos del Golfo de California de magnitudes menores de 4. Además, permitirá mejorar la precisión en la localización focal de los eventos que ocurran en esta región, así como la determinación de mecanismos focales de eventos de magnitud moderada. Con esta información será posible estudiar el comportamiento de las fallas activas de la región, y empezar a entender la sismotectónica de la misma.

Los datos de la red NARS-Baja también se usarán para determinar modelos de la corteza y del manto que contribuyan a clarificar la naturaleza de los procesos de transición entre el sistema de fallas predominantemente de rumbo del sistema San Andreas y la zona de dispersión del fondo oceánico del Pacífico oriental.

SISG-35

RED SISMICA PARA EL MONITOREO DE LA SISMICIDAD DEL SISTEMA DE FALLAS NORMALES DEL NORESTE DE SONORA

Raúl R. Castro¹, Oscar M. Romero² y Max Suter²

¹ Depto. de Sismología, CICESE

E-mail: raul@cicese.mx

² Instituto de Geología, UNAM

Se presentará el estado actual y las perspectivas de una red sismológica de 10 estaciones recientemente instalada en el noreste de Sonora (RESNES). El principal objetivo de esta red es estudiar los patrones de sismicidad asociados con las fallas normales de orientación predominantemente norte-sur localizadas en el margen oeste de la Sierra Madre Occidental. Estas fallas, consideradas parte del sistema Basin and Range, han generado en el pasado sismos importantes en esta región. En particular, el evento de 1887 de Bavispe, Sonora (Mw=7.4) el cual generó una ruptura de la superficie de más de 100 km.

La distribución de la red RESNES cubre los tres principales segmentos del sistema de fallas normales que se activaron durante el evento de 1887: el segmento Pitaycachi que se extiende hacia el sur desde la región de Agua Prieta, el segmento Teras en la parte central de la ruptura y el segmento Otates al sur. En total la red cubre el sistema de fallas a lo largo de aproximadamente 150 km.

La instrumentación de la red consiste de 9 registradores K2 de Kinematics de 6 canales conectados a un episor (3 componentes) y un sensor de velocidad conectado a un canal adicional. En el centro de la red también se instalará una estación de banda ancha Guralp CMG-DM de registro continuo conectado a un sismómetro CMG-40T, la cual permitirá un control local de la sismicidad y el registro de eventos regionales y telesísmicos.

SISG-36

INVERSIÓN AUTOMÁTICA DEL TENSOR DE MOMENTOS UTILIZANDO DATOS DE LA RED DE BANDA ANCHA DEL S.S.N.

S.I. Franco-Sánchez¹, A. Iglesias¹, J.F. Pacheco^{1,2}, S.K. Singh¹,
E. Fukuyama³, J. Pérez-Santana² y T. Yi²

¹ Depto. de Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: ivonne@ollin.igeofcu.unam.mx

² Servicio Sismológico Nacional, UNAM

³ National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Tsukuba, Japón

En este trabajo presentamos la implementación de un sistema automático de cálculo del tensor de momentos (CMT) para sismos de magnitud $M \geq 4.8$, utilizando la infraestructura actual del Servicio Sismológico Nacional (SSN). El proceso dispara con el correo electrónico que, diariamente o en situaciones de emergencia, envía el SSN.

La inversión es llevada a cabo utilizando el algoritmo "TDMT-invc" (Time Domain Moment Tensor inversion), el cual requiere la localización, tiempo de origen y magnitud del sismo, información que es extraída de dicho correo electrónico.

El "TDMT-invc" asume una fuente puntual, por lo que el campo de desplazamientos puede ser calculado a través de la siguiente expresión:

$$U_n(x, t) = M_{ij} \cdot G_{ni,j}(x, z, t)$$

donde:

U_n es el campo de desplazamientos en la componente n

M_{ij} es el tensor de momentos

$G_{ni,j}$ es la n-ésima componente de la función de green para una orientación específica de un doble par de fuerzas.

Con efecto de ahorrar tiempo de cómputo, las funciones de Green son previamente calculadas y almacenadas para una malla de profundidades .vs. distancias.

Esta expresión es resuelta (para M_{ij}) usando un esquema lineal de mínimos cuadrados.

Adicionalmente se lleva a cabo la inversión para profundidades en un rango de ± 30 km alrededor de la reportada por el SSN. El sistema conserva aquella solución para la cual el ajuste es mejor (en términos de la varianza).

La mejor solución es publicada de manera automática en el web.

SISG-37

DISCRIMINACIÓN RÁPIDA DE SISMOS GRANDES EN LA COSTA DE GUERRERO USANDO UNA SOLA ESTACIÓN

Miguel Ángel Santoyo, Arturo Iglesias, Shri Krishna Singh y
Javier Francisco Pacheco
Depto. Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: mas@ollin.igeofcu.unam.mx

La Ciudad de México se encuentra al menos a 300 Km de la zona de subducción. Este hecho permite pensar en la implementación de un sistema de aviso rápido de sismos grandes generados en dicha zona. El Sistema de Alerta Sísmica (SAS) operado por el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico (CIRES) ha aprovechado esta situación para establecer una red de 12 instrumentos en la costa de Guerrero y emitir una alerta para la Ciudad de México a partir de sismos grandes detectados en la zona.

En este trabajo se investiga la factibilidad de un sistema alternativo de alerta utilizando solamente una estación ubicada en el interior del continente que tendría las ventajas de ser más barato y tener un control óptimo de la operación. Por otro lado, dada la ubicación de la estación con respecto de la

Ciudad de México, la principal desventaja es que el tiempo de anticipación de la alerta podría ser un poco menor que el logrado por el SAS.

La idea consiste en analizar ventanas de tiempo sucesivas del valor RMS del tren de ondas P, en los tres componentes de registro de dicha estación. Dado que la magnitud de un sismo es directamente proporcional al tamaño de la fuente se pueden presentar diversos escenarios:

- Aceleración pequeña $\longleftrightarrow$ sismo local o regional pequeño
- Aceleración grande por un intervalo de tiempo corto $\longleftrightarrow$ sismo local pequeño
- Aceleración grande y sostenida por un intervalo de tiempo largo $\longleftrightarrow$ sismo regional o local grande

Con base en estos criterios, se pretende elaborar un algoritmo para discernir entre un sismo de pequeña magnitud de uno de gran magnitud. Uno de los principales parámetros por definir es el tamaño de la ventana de tiempo, el cual determinará la mínima magnitud para la cual se emitiría la alerta.

A efecto de determinar los parámetros óptimos así como la factibilidad del sistema, en este trabajo se analizan los registros históricos de la estación Chilpancingo, operada por el CENAPRED, que dada su ubicación podría abarcar gran parte de la costa de Guerrero incluida la zona conocida como la "brecha de Guerrero".

Si bien el sistema podría distinguir entre un sismo grande de uno pequeño, no podría discernir entre un sismo grande de la costa de Guerrero de un sismo grande de otra zona, en cuyo caso la ventaja de tiempo de alerta sería demasiado pequeña. Esta situación podría remediarse si además se utilizaran algunas otras estaciones con lo que además se podría tener una cobertura de alerta más amplia.

SISG-38

LA SISMICIDAD DEL VOLCÁN DE COLIMA DURANTE LA ERUPCIÓN DE LAVA DE NOVIEMBRE DE 1998-ENERO 1999

Vyacheslav M. Zobin, Justo Orozco-Rojas y Gabriel A. Reyes-Dávila
Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima
E-mail: justor@cgcic.ucof.mx

La erupción de lava andesítica en bloques del Volcán de Colima en noviembre de 1998 - enero de 1999 fue acompañada por la actividad sísmica representada con los sismos volcano-tectónicos, explosivos, y en su mayoría con los sismos relacionados con derrumbes y flujos piroclásticos. Nuestra ponencia cuenta con las propiedades de los sismos relacionados con derrumbes y flujos piroclásticos y su importancia como indicadores de la actividad volcánica. Se

estudian alrededor de 6,000 sismos registrados por la estación sísmica Fresnal a distancia de 7 km de la cima del volcán. Para clasificar los sismos, su amplitud máxima y su duración se mediaron. Estos dos parámetros tienen correlación significativa para señales cortas (menos que 100 s) pero no están correlacionadas para las señales con la duración de 100-300 s. La comparación de los dos parámetros con el comportamiento del flujo de lava muestra que el incremento de la duración de la señal tiene correlación con el incremento del volumen de lava pero las amplitudes no lo tienen. Por eso, la duración de la señal fue tomada como la medida adecuada del volumen de flujo (o derrumbe) de lava. Fue estudiada la distribución del número de eventos con duración diferente durante las tres etapas de la erupción: de alta velocidad con incremento de volumen de lava; de baja velocidad con incremento de volumen de lava; y al final del incremento de flujo de lava. Los resultados muestran la diferencia en el proceso de avance del cuerpo magmático en las tres etapas de la erupción.

SISG-39

SIMULACIÓN NÚMERICA DE SISMOS VOLCÁNICOS UTILIZANDO FUENTE EXPLOSIVA

Zmaltzin Paola Godínez Juárez y Leobardo Salazar Peña
Ciencias de la Tierra, ESIA, IPN
E-mail: zpaola4@terra.com

Este proyecto está conformado en su mayor parte por la simulación numérica de propagación de ondas sísmicas en estructuras volcánicas encaminada a explicar el origen de los diversos eventos que se presentan en volcanes activos. Como parte del trabajo, se considera un problema fundamental dentro de la sismología volcánica, el cual consiste en tratar de explicar si las señales de baja frecuencia en la mayoría de los sismos volcánicos son generadas por propiedades de la fuente o efectos de propagación. Además de lo anterior se considera la hipótesis que asume la generación de los eventos volcánicos de baja frecuencia como consecuencia de una serie de explosiones sucesivas dentro del volcán, a la cual se suman los efectos de trayecto. Esta explicación fue considerada debido a que exige una mayor comprensión de los procesos que ocurren en el interior de un volcán.

El problema se aborda aplicando el método de diferencias finitas usando las ecuaciones de movimiento de onda para el plano x - z . En el esquema numérico se utiliza la disposición de rejillas alternadas en el que se implementa una fuente de tipo explosivo. Adicionalmente el esquema numérico se complementa con la solución de superficie libre irregular para el plano x - z que permite introducir en los modelos una superficie volcánica. En las simulaciones se estableció como estructura volcánica el relieve topográfico del volcán Popocatepetl, su modelo de velocidades para capas planas y en la definición de su cámara magmática se emplearon las localizaciones de los eventos ocurridos en diciembre de 1994.

Como primer paso se simuló eventos con una fuente simple. Los resultados obtenidos en esta simulación muestran la existencia de diversas fases sísmicas provenientes del interior, como resultado de conversión de fases por la presencia de la cámara magmática. A lo anterior se suman también modificaciones debidas a la topografía volcánica. Se obtienen entonces señales sísmicas comparables a los eventos explosivos superficiales.

La parte más interesante lo representan las simulaciones de fuente múltiple. En esta se implementaron una sucesión de dos y tres explosiones sucesivas combinando diferentes frecuencias en los pulsos de entrada. Los resultados muestran que las señales generadas incluyen la naturaleza de las fuentes y los efectos de propagación para cada una de ellas, de lo que resulta una señal más compleja y de más larga duración, en la que se identifican fases repetitivas del interior y de naturaleza superficial. A partir de esto, se pueden combinar una sucesión de fuentes en forma conveniente para generar señales similares a los eventos denominados Híbridos (o Tipo AB) y Tipo B.

Aunque la comparación con eventos reales resulta muy complicada hemos iniciado con las primeras comparaciones para eventos del Popocatepetl. Hemos concluido que los eventos volcánicos contienen algunas de las fases observadas en nuestras simulaciones, pero que la forma y tiempo de llegada difiere de acuerdo a la complejidad de la estructura interior. Damos por hecho la existencia de ondas de Rayleigh independientemente de la suposición de fuente sencilla o múltiple. La comparación para eventos de tipo híbrido y tipo B recae principalmente en los trenes de onda de diferente frecuencia contenidas en las señales simuladas.

SISG-40

LOCALIZACIÓN DE SISMOS LOCALES CON BASE EN DIFERENCIAS DE TIEMPO Y BÚSQUEDA GENÉTICA; APLICACIONES VOLCANOLÓGICAS

F. Alejandro Nava P.
Depto. de Sismología, CICESE
E-mail: fnava@cicese.mx

Se presenta un método (y el correspondiente programa en Matlab) para localización de sismos o señales sísmicas locales, mediante el uso de diferencias de tiempo (en vez de tiempos de arribo), prelocalización geométrica y localización mediante búsqueda de tipo genético, en un medio de capas planas y con un cono truncado opcional que puede servir como primera representación de un edificio volcánico. Se discute algunas ventajas del método sobre otros métodos de localización tradicionales; se presentan algunos resultados y sus comparaciones con los de otros métodos.

SISG-41

LOCALIZACIÓN DE TREMOR VOLCÁNICO

Juan Carlos Cerda Chacón¹, Fidencio Alejandro Nava Pichardo¹
y Gabriel A. Reyes Dávila²

¹ Depto. de Sismología, CICESE

E-mail: jcerda@cicese.mx

² RESCO, Universidad de Colima

Las causas que originan el tremor volcánico son prácticamente desconocidas. La localización de la fuente del tremor volcánico ayudaría a entender las causas que producen este tipo de fenómeno. En este trabajo nos dedicamos a resolver el problema de la localización del tremor volcánico, mediante la identificación de señales correspondientes en las distintas estaciones sismológicas y su subsecuente localización mediante un programa que utiliza tiempos relativos.

Para la identificación de dichas señales utilizamos dos metodologías. La primera se basa en el análisis de la correlación cruzada entre una señal, extraída de una ventana de tiempo de alguna estación sísmica elegida, y los registros del mismo evento alrededor de la ventana de tiempo seleccionada, en las estaciones sísmicas restantes. La segunda metodología se basa en la identificación mediante un filtro de Wiener.

Para este trabajo utilizamos los registros digitales de las estaciones de RESCO que se encuentran sobre y alrededor del Volcán de Colima y presentamos algunos resultados preliminares.

SISG-42 CARTEL

POR QUE ESTUDIAR SEÑALES ELECTROMAGNÉTICAS DURANTE SISMOS

J.A.L. Cruz-Abeyro, R.P. Enriquez, R. Zúñiga y A. Kotsarenko
Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.
E-mail: lcabeyro@geociencias.unam.mx

Hacemos una descripción de la fenomenología asociada, esto es el fenómeno sísmico que toma lugar en la litosfera, atmósfera e ionosfera/magnetosfera y sus eventos relacionados. Se presentan algunas observaciones importantes de diferentes investigadores así como algunas observaciones de pulsaciones geomagnéticas y actividad sísmica en México.

SISG-43 CARTEL

ANÁLISIS DE DATOS DE MICROPULSACIONES MAGNÉTICAS DURANTE TERREMOTOS DE $M \geq 6.0$, OCURRIDOS EN MÉXICO EN LOS AÑOS 2000 Y 2001

J.A.L. Cruz-Abeyro, R.P. Enriquez, R. Zúñiga y A. Kotsarenko
Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.
E-mail: lcabeyro@geociencias.unam.mx

La predicción de sismos actualmente tiene una prioridad fundamental, ya que se tiene una gran pérdida de vidas humanas y se afecta la economía donde el riesgo sísmico es

muy alto. Se han reportado diferentes precursores de sismos, con resultados controversiales, pero el fenómeno electromagnético ULF (ultra low frequencies o micropulsaciones) se ha encontrado muy prometedor para la predicción a corto plazo de un sismo. En este trabajo presentamos un análisis de observaciones ULF en el rango de 0.006 a 2 Hz, durante terremotos de magnitud igual o mayor a 6.0, ocurridos en México, en los años 2000 y 2001, eliminando aquellos para las cuales exista actividad geomagnética importante.

SISG-44 CARTEL

ESTUDIO PALEOSÍSMICO EN LA CIUDAD DE QUERÉTARO: UN PROYECTO PILOTO

Amabel Ortega-Rivera¹, Carlos Vargas-Cabrera¹, Pilar Villamor²,
Robert Langridge², Peter Schaaf³ y Ramón Zúñiga¹
¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.
E-mail: amabel@geociencias.unam.mx

² Instituto de Ciencias Geológicas y Nucleares de Nueva Zelanda

³ Instituto de Geofísica, UNAM

Comparados con las márgenes de placas son relativamente pocos los terremotos ocurren en el interior de los continentes, como resultado, se considera que las regiones continentales interiores son tectónicamente estables. La evaluación de riesgo sísmico en regiones continentales "estables" se basa en los registros históricos para identificar los lugares factibles para futuros terremotos dañinos. Recientemente se ha visto que el llevar a cabo estudios paleosísmicos de superficies de ruptura históricas y en fallas Cuaternarias proveen de un mejor marco para el entendimiento del comportamiento de fallas de riesgo en regiones continentales estables. Entonces, la evaluación de riesgo sísmico en regiones continentales estables puede ser mejorada mediante la incorporación de información paleosísmica, geológica y geofísica a la información sismológica tradicional.

La ciudad de Santiago de Querétaro se encuentra en una región continental estable y en base a esto se efectuó un estudio piloto para detectar fallas activas en la ciudad que puedan ayudar en la estimación de riesgo sísmico presente para la población y para conocer posibles eventos que han afectado la zona en el pasado. Para esto se escogió la falla Central de Querétaro.

Esto se hizo mediante un estudio multidisciplinario que incluyó: la excavación de una trinchera, interpretación estratigráfica, toma de muestras para fechado por ¹⁴C y termoluminiscencia, geomorfología, levantamiento gravimétrico, métodos eléctricos, georadar, etc., con el objeto de encontrar el registro de algún evento paleosísmico. La falla, es una falla normal de orientación N10°W, con echado 82°SW, desplazamiento vertical calculado de 100m y una longitud de alrededor de 14km. Presenta un escarpe bien definido en el aluvión de edad Holoceno principalmente debido a subsidencia en la parte W de la falla.

Interpretación de datos preliminares obtenidos en la trinchera indican la ocurrencia de al menos un evento con alrededor de 30 cm de desplazamiento normal en los últimos 4000 años.

SISG-45 CARTEL

SISMICIDAD EN COLIMA EN EL PERIODO 11/01 AL 10/02

Carlos A. Ramírez-Vázquez y Gabriel A. Reyes-Dávila
 RESCO, CUEIV, Universidad de Colima
 E-mail: gard@cgcic.ucoi.mx

La sismicidad de carácter tectónico registrada en la región del estado de Colima durante el último año en general presenta el mismo patrón observado desde el inicio de operaciones de la RESCO, localizándose principalmente en la porción oeste del estado y en el mar frente a sus costas. En el periodo reportado se localizaron aproximadamente 1250 eventos con un rango de magnitudes de 2.4 a 4.5 con siete de ellos reportados como sentidos por la población. Durante el último año no se presentaron secuencias sísmicas en la región y el promedio mensual de eventos para todo el año se mantiene uniforme.

En el presente trabajo se presenta una descripción detallada de la sismicidad mencionada arriba así como una discusión de la misma.

SISG-46 CARTEL

STANDING TORSIONAL WAVES IN FLUID-SATURATED POROUS CIRCULAR CYLINDER

Selene Solorza and Pratap N. Sahay
 Depto. de Sismología, CICESE
 E-mail: solorza@cicese.mx

For dynamic measurement of elastic constants of a porous material saturated with viscous fluid when resonance-bar techniques are applied, one also observes attenuation. In this work we have carried out the solution of boundary value problem associated with torsional oscillation of a finite poroelastic circular cylinder, casted in the framework of volume-averaged theory of poroelasticity. Analysing this solution by a perturbative approach we are able to develop explicit expressions for resonance frequency and attenuation for this mode of vibration. It shows how the attenuation is controlled by the permeability and the fluid properties, and how the resonance frequency drops over its value for the dry porous frame due to the effect of the fluid-mass.

Sesión

Volcanología y Geotermia

Martes 5 — Miércoles 6

SALA E

GEOQUÍMICA Y GEOTERMIA

VOLG-01

FLUID INCLUSIONS, GEOCHEMISTRY AND ISOTOPIC EVOLUTION OF THE LOS AZUFRES GEOTHERMAL FIELD, CENTRAL MEXICO

E. González-Partida¹, G. Levresse¹, E. Tello-Hinojosa² y Verma M.³¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Juriquilla, Qro., México

E-mail: egp@geociencias.unam.mx

² Comisión Federal de Electricidad, Morelia, Mich., México³ Instituto de Investigaciones Electricas, Cuernavaca, Mor., México

Hydrothermal alteration at the Los Azufres geothermal field is propylitic with a progressive dehydration with depth and temperature increase. Argillic and advanced argillic zone overlies the propylitic zone due to the activity of the gases in the system.

The deepest fluid inclusions (proto-fluid) are liquid-rich with low salinity, NaCl dominant fluid type with ice melting temperatures (T_m) near zero (0°C) and salinities of 0.8 wt. % NaCl equivalent. The homogenization temperatures (T_h) is $T_h = 325 \pm 5^\circ\text{C}$. The boiling zone presents $T_h = 300^\circ\text{C}$ and salinities between 1 and 4.9 wt. % NaCl equivalent, implying a vaporization process and a very important participation of non-condensables gases (NCG), mostly CO_2 . The upper part of the geothermal reservoir (from 0 to 700 m depth) presents positive clathrate melting temperatures (fusion) with $T_h = 150^\circ\text{C}$. These could well be the evidence of a high gas concentration. The current water produced at the geothermal wells is NaCl rich (geothermal brine) and it is fully equilibrated with the host rock at temperatures between 300°C and 340°C . The hot springs are acid-sulfate, indicating that are formed by meteoric water heated by geothermal steam. The NCG related to the steam dominant zone are composed mostly by CO_2 (80 to 98% of all the gases). The gases represent the between the 2 to 9 wt % of the total mass of the fluid of the reservoir.

We interpret the evolution of this system as deep liquid water boiling when circulates through fractures connected to the surface. Boiling is accompanied by a drop of pressure, which in turns favors an increasing vaporization rate with the brine ascending towards the surface. During this ascent, the fluid changes to steam-dominant and steam in the shallowest zone, where mixing with perched aquifers and meteoric water occurs.

Stable isotope ($\delta^{18}\text{O}\text{‰}$ - $\delta\text{D}\text{‰}$) of the geothermal brine indicates mixing processes between meteoric water and a minor magmatic component. The enrichment in $\delta^{18}\text{O}\text{‰}$ is due to the rock-water interaction at relatively high temperatures. Stable isotope data of $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ show a magmatic source with minor meteoric contribution for CO_2 . The initial isotopic value for

sulfur is $\delta^{34}\text{S}\text{RES} = -2.3\text{‰}$, which implies a magmatic source. More negative values at shallow pyrite range from $\delta^{34}\text{S}\text{Fe}_2\text{S} = -4\text{‰}$ to -4.9‰ , indicating a boiling processes. Same fractionation tendencies are observed for fluids in the reservoir ($\delta^{18}\text{O}\text{‰}$ - $\delta\text{D}\text{‰}$).

VOLG-02

VARIATIONS IN THE GEOCHEMISTRY OF VOLCÁN DE COLIMA RELATED TO ITS ERUPTION 2001-2002

Nick Varley¹, Yuri Taran² y Maria Antonia Carvajal García³¹ Facultad de Ciencias, Universidad de Colima

E-mail: nick@cgic.ucol.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM³ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima

The current effusive eruption of Volcán de Colima started in May 2001 and continues as of August 2002. In this study the spring waters, fumarolic and diffuse gases have been measured on a regular basis to establish the relationship between the activity of the volcano and geochemical processes. Since the end of 2000, monthly samples have been taken from the three springs located on the SW flank of the volcano. Direct sampling of the summit fumaroles has not been so regular due to difficulties of accessibility and increased volcanic activity; however, measurements were carried out during six ascents undertaken during 2001-2. Aerial and ground-based measurements of the flux of sulphur dioxide have been performed more frequently.

For the spring waters, the most notable changes have occurred in the concentration of the volatile element boron. Anomalous increases have been related to variations in the rate of lava effusion and seismicity of the volcano. Each spring has different physical and chemical characteristics, but all demonstrate an interaction with volcanic fluids. During the eruption, there has been an observed variation in the location and temperatures (up to 870°C) of the fumaroles. For the gaseous output, variations in the SO_2 flux (50-900 t d⁻¹) also relate to changes in the effusion rate, as can the shift in the values of the water isotopes of fumarole condensates. Temporal variations in the diffuse degassing of carbon dioxide have been recorded at various sites on the flanks of the volcano. Increases could relate to the uprising and dispersion of a magmatic body. The studies at Volcán de Colima clearly link its behaviour with observable variations in gas and aqueous geochemistry and demonstrate the value of these measurements in a monitoring program.

VOLG-03

PVT CHARACTERISTICS OF WATER TO UNDERSTAND NUMERICAL SIMULATION OF H_2O - CO_2 HEATING IN A GEOTHERMAL RESERVOIR

Mahendra P. Verma

Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Cuernavaca, Mor., México

E-mail: mahendra@iie.org.mx

A geothermal reservoir may be considered as a container of constant volume with varying amount of water and chemical constituents. Water vapor and CO_2 are the dominate constituents to control the reservoir pressure. Similarly the variation of CO_2 in the production fluid is an important parameter to identify the acidic characteristics of reservoir fluid.

The PVT characteristics of pure water are discussed for a numerical simulation study for heating different amount (mass) of water in a constant volume reaction vessel. For the cases when the total specific volume is greater than the critical specific volume of water ($3.106 \text{ cm}^3/\text{g}$), there is only vapor in the container at a certain high temperature ($T < T_c$). To the contrary, when the total specific volume is less than the critical specific volume of water, there is only liquid at a certain high temperature ($T < T_c$). On the other hand, if the total specific volume of water is just equal to the critical volume of water, there will be liquid and vapor along the liquid-vapor saturation curve up to the critical point in a PT diagram. After the critical point there is no distinction between liquid and vapor along the critical isochor ($V = 3.106 \text{ cm}^3/\text{g}$), which is named as extended curve; but there is compressed liquid at any point above this isochor and superheated steam below it even in the supercritical fluid region. In other words there is compressed liquid above the saturation curve and the extended curve, and superheated steam below them in the PT diagram. This is equivalent to having the compressed liquid in the left and the superheated steam in the right of the $V = 3.106 \text{ cm}^3/\text{g}$ line in PV diagram except in the two-phase region.

The numerical simulation study is extended for heating H_2O - CO_2 in a constant volume reaction vessel in order to relate the extracted fluid characteristics with the reservoir fluid characteristics. The pressure in the reaction vessel is, in general, first controlled by CO_2 , then by water vapor and in the last again by CO_2 , while all the water is converting to liquid phase. On extracting vapor from the reaction vessel, CO_2 transfers to vapor phase except for highly alkaline fluids (i.e. degassing occurs first). On the other hand in case of extracting liquid, the amount of CO_2 in the extracted fluid decreases in case of acidic to neutral reservoir fluids, whereas increases in case of alkaline reservoir fluids.

The effect of acidic fluid on the damage of geothermal wells has been observed in many geothermal fields. However, there are little efforts to relate the production fluid

characteristics with that of the reservoir fluid. The variation of gaseous species like CO_2 could be useful to identify the geothermal reservoir fluid acidity. However, it is still necessary to incorporate the effect of other gaseous species like H_2S on the reservoir fluid characteristics. The work is under progress.

VOLG-04

ANÁLISIS ENTRE LA POROSIDAD EFECTIVA Y LA DENSIDAD TOTAL DE LA ROCA SECA DE UN NÚCLEO GEOTÉRMICO

García-Manuel Pablo y Contreras-López Enrique

Gerencia de Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas

E-mail: pggarcia@iie.org.mx

La densidad y la porosidad son dos propiedades importantes para la caracterización de un núcleo geotérmico o petrolero. Estas propiedades muestran el grado de homogeneidad que posee el núcleo y a su vez se puede inferir con cierta aproximación el comportamiento de otras propiedades como lo son la permeabilidad Klinkenberg, la conductividad y difusividad térmica, entre otras. En esta investigación se determinaron la densidad total de la roca seca y la porosidad efectiva de 13 muestras de diámetro completo de un núcleo geotérmico tipo brecha. La densidad total de la roca seca de cada muestra se determinó mediante el cociente de la masa de la roca seca dividida por el volumen total de la muestra. La medición de la masa es directa mediante una balanza digital de $\pm 0.01 \%$ de exactitud. El volumen total de las muestras se determinó utilizando el método de flotación de Arquímedes. La porosidad efectiva se determinó utilizando un equipo de expansión de helio diseñado y construido en el I.I.E. La porosidad efectiva de cada muestra se determinó dividiendo el volumen de poros de cada muestra entre el volumen total correspondiente de las misma. El volumen de poros efectivos de cada muestra se obtuvo restando el volumen de grano aparente del volumen total de la muestra. El volumen de grano aparente se obtiene sumando el volumen de poros de grano real y el volumen de poros aislados; entendiéndose por volumen de poros aislados aquel espacio poroso que no se encuentra intercomunicado y por lo tanto el gas helio no puede expandirse en él. Los resultados de la densidad total de la roca seca varían en el rango de 2.417 a 2.637 g/cm^3 para todo el núcleo, con una exactitud de $\pm 0.005 \text{ g/cm}^3$. La porosidad efectiva determinada por el método de expansión de helio en todas las muestras del núcleo varió desde 3.1% hasta 11.6% con una exactitud de ± 0.1 puntos porcentuales. Se encontró una correlación lineal bien definida entre la densidad total de la roca seca de las 13 muestras con la porosidad efectiva de las mismas, lo que significa de forma teórica que el núcleo posee una densidad de grano uniforme y sin poros aislados.

VOLG-05

TRANSFERENCIA DE CALOR EN POZOS GEOTÉRMICOS CONSIDERANDO LOS EFECTOS REOLÓGICOS DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN

A. García-Gutiérrez¹, G. Espinosa-Paredes² y G. Amaro-Espejo³¹ Instituto de Investigaciones Eléctricas, Cuernavaca, Mor.

E-mail: aggarcia@iie.org.mx

² Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México³ Depto. de Ingeniería Mecánica, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Cuernavaca, Mor.

Este trabajo describe un estudio de transferencia de calor en un pozo geotérmico durante el período de circulación, considerando la dependencia de la temperatura y la naturaleza no Newtoniana de diferentes fluidos de perforación. El código computacional usado es totalmente transitorio y permite la estimación del campo de temperaturas de (a) el fluido en el tubo de perforación, (b) el espacio anular y (c) la formación circundante. También se considera el efecto de las pérdidas de circulación. Los efectos reológicos del fluido de perforación se incluyeron en el código mediante correlaciones publicadas recientemente de la viscosidad del fluido de perforación como función de la temperatura. Con ello, se evaluaron los números adimensionales (Re, Pr, Nu), necesarios para determinar los coeficientes de película y globales de transferencia de calor, así como las temperaturas del fluido de perforación en el pozo como función del tiempo de circulación y la profundidad dentro del mismo. Los resultados obtenidos muestran que las temperaturas que el fluido de perforación alcanza dentro del pozo son altamente dependientes del fluido de perforación que se use dado que las relaciones funcionales de sus viscosidades con la temperatura difieren sensiblemente de un fluido a otro. Por ello, el grado de enfriamiento de un pozo mediante circulación de lodos varía ampliamente dependiendo del fluido de perforación considerado.

VOLG-06

PRIMERA ESTIMACIÓN DE LAS RESERVAS GEOTÉRMICAS DE TEMPERATURA INTERMEDIA A BAJA DE MÉXICO

Eduardo R. Iglesias y Rodolfo J. Torres

Gerencia de Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas

E-mail: iglesias@iie.org.mx

Debido principalmente a sus interacciones con las placas del Pacífico y de Cocos, y, posiblemente, también a su interacción con la placa del Caribe, México cuenta con abundantes recursos geotérmicos. La mayor parte de los recursos geotérmicos de alta temperatura ($T > 200^{\circ}\text{C}$), apropiados para la generación de electricidad, han sido explorados y evaluados por la Comisión Federal de Electricidad. Actualmente CFE explota los campos geotérmicos de Cerro Prieto (B.C.), Los Azufres (Mich.) y Los Hornos (Pue.), que suman una capacidad instalada de 855 MWe. El campo geotérmico de Tres Vírgenes (B.C.) está en pleno desarrollo.

La situación es muy diferente para los recursos geotérmicos mexicanos de temperaturas intermedias a bajas ($T < 200^{\circ}\text{C}$), apropiados mayormente para aplicaciones directas de calor. Su capacidad instalada total es de aproximadamente 164 MWt, mayormente en balnearios. La experiencia internacional indica que los recursos geotérmicos de temperaturas intermedias a bajas son órdenes de magnitud más abundantes que los de alta temperatura. Podemos por lo tanto inferir, sin temor a equivocarnos, que los recursos geotérmicos de temperaturas intermedias a bajas están vastamente subexplotados en México. Una razón importante para que prevalezca esta situación es el virtual desconocimiento de su potencial.

En este trabajo hacemos una primera estimación, parcial, de las reservas geotérmicas de temperatura intermedia a baja de México. La estimación incluye aproximadamente 30% de las manifestaciones geotérmicas identificadas. Para estimar las reservas utilizamos el método de volumen, suplementado con simulaciones por el método de Montecarlo, con el fin de cuantificar las incertidumbres inherentes. Nuestros resultados indican que estas reservas están entre 7.7×10^{16} y 8.6×10^{16} kJ, con 90% de confianza. La distribución de las temperaturas de yacimiento más probables varía entre aproximadamente 60 y 180°C , con un valor medio de 111°C . La enorme magnitud de estas reservas, y sus temperaturas asociadas, son potencialmente importantes para el desarrollo económico de las poblaciones colocalizadas.

GEOTERMIA Y VOLCANOLOGÍA

VOLG-07

SOLUCIÓN DE UN PROBLEMA INVERSO PARA ESTIMACIÓN DE TEMPERATURAS DE FORMACIÓN UTILIZANDO TÉCNICAS DE OPTIMIZACIÓN

A. García-Gutiérrez¹, G. Espinosa-Paredes², A. Vázquez², J. DeLeón³, M.H. Rodríguez³ y V.M. Arellano¹¹ Instituto de Investigaciones Eléctricas, Cuernavaca, Mor.

E-mail: aggarcia@iie.org.mx

² Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México³ Residencia de Estudios, Campo Geotérmico de Cerro Prieto, CFE, Mexicali, B.C.

En este trabajo se describe un método para estimar temperaturas de formación con base en la inversión matemática de registros de temperatura medidos durante el período de paro en un pozo geotérmico. Los registros de temperatura representan la distribución de temperatura remanente en un pozo y sus alrededores, después de que el proceso de circulación de fluidos perturba el campo original de temperaturas. Por ende, la estimación estas temperaturas medidas requiere resolver un problema inverso en el cual se conoce la geometría del dominio físico y sus ecuaciones gobernantes y condiciones de frontera pero se desconoce la condición inicial, i.e., la temperatura de la formación

imperturbada, y se enfrenta uno a un problema mal planteado (ill-posed). La solución incluye la descripción física y matemática del problema directo, complementada por una condición inicial supuesta. Después se simula numéricamente la transferencia de calor de un ciclo combinado de circulación y paro, y se comparan las temperaturas medidas y calculadas como función de la profundidad y el tiempo de paro. Este ajuste es mejorado empleando el algoritmo de optimización de Levenberg - Marquardt para minimizar una función objetivo por mínimos cuadrados con la temperatura de formación, la porosidad de la formación y las pérdidas de circulación como variables independientes. Las temperaturas dentro del pozo y la formación se calculan numéricamente mediante un código transitorio descrito previamente en la literatura abierta, el cual considera transferencia de calor convectiva en la formación. Los resultados indican que las temperaturas de formación se pueden obtener en forma satisfactoria mediante esta metodología a partir de registros de temperatura medidos en pozos durante el período de reposo o paro, y que los efectos causados por las pérdidas de circulación pueden incluir en el modelado.

VOLG-08

EVALUACIÓN DE ERRORES EN EL USO DE LAS ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE TEMPERATURAS ESTABILIZADAS EN POZOS GEOTÉRMICOS

Jorge Andaverde^{1,2}, Edgar Santoyo Gutiérrez¹ y Surendra P. Verma¹

¹ Centro de Investigación en Energía, UNAM, Temixco, Mor.
E-mail: jaaa@cie.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

Durante la perforación de pozos en zonas geotérmicas, la temperatura de las formaciones es alterada por la circulación de los lodos de perforación, por lo que es necesario determinar las Temperaturas Estabilizadas de Formación (TEF), esto se realiza normalmente a partir de los escasos datos de temperaturas que se miden in situ y mediante alguno de los métodos, como por ejemplo el de línea-fuente de Horner, el modificado de Horner, el de dos puntos, el de flujo de calor esférico y radial y el de flujo cilíndrico, entre otros.

El conocimiento correcto de las TEF son utilizadas para la corrección de los registros de resistividad, el diseño del programa de cimentación de pozos, para el cálculo del gradiente geotérmico, para la determinación in situ de la conductividad térmica de las rocas, y recientemente para validar las simulaciones de la distribución de la temperatura, tanto en pozos como a partir del enfriamiento de cámaras magnéticas.

El objetivo del presente trabajo fue modificar las diferentes ecuaciones para el cálculo de las TEF de acuerdo con la teoría de propagación de errores e implementar los resultados en una nueva versión visual del código STATIC_TEMP.

Para alcanzar este objetivo, se evaluaron en total 10 métodos reportados en la literatura. Se obtuvo una desviación estándar del orden de 2.4 a 9.9, lo que representa una desviación estándar relativa de 0.99 a 6.63%. Estas desviaciones pueden explicarse a partir de la propagación de errores en las ecuaciones empleadas en cada método. Sin embargo, hay que tener en cuenta que existen algunas incertidumbres involucradas debidas a las consideraciones físicas y matemáticas de cada modelo. Para establecer si existen o no diferencias significativas en los resultados obtenidos de los diferentes métodos, se realizaron pruebas ANOVA.

En la mayoría de los métodos evaluados, se utilizan regresiones lineales de los datos de tiempo vs. temperatura para determinar las TEF, por lo que fue necesario considerar (1) regresión simple sin considerar errores, y (2) mediante regresión ponderada considerando la incertidumbre en las temperaturas medidas.

VOLG-09

LAS ANOMALÍAS TÉRMICAS DETECTADAS POR SATELITES: ¿PRECURSORES DE ERUPCIONES?

Juan José Gómez Palacios y Servando De la Cruz-Reyna
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: sdelaocr@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

El monitoreo térmico por satélite en los últimos años ha contribuido al estudio de formación de domos, propagación de nubes de ceniza y otras variaciones térmicas en cráteres volcánicos. Sin embargo su utilidad como método de vigilancia para la previsión de erupciones no ha sido muy evidente. En el caso particular del volcán Popocatepetl, el análisis del comportamiento de manifestaciones térmicas detectadas por los satélites GOES, principalmente de los valores de radianza y del número de anomalías por unidad de tiempo, ha permitido determinar el valor precursor de esos parámetros. Las imágenes del Popocatepetl son obtenidas y procesadas por el Hawaii Institute of Geophysics and Planetology (HIGP) y el análisis de correlación se ha realizado dentro de un proyecto conjunto (Harris *et al.*, 2000; Wright *et al.*, 2002). Las anomalías se definen como la presencia de píxeles brillantes (el tamaño efectivo del píxel es 1x1 km) en la posición del volcán, obtenidos en al menos cuatro de las bandas: B1, B2m4, Hot, Prob y RGB, construidas a partir de las bandas visibles, infrarroja media e infrarroja térmica del VISSR de los GOES por el HIGP.

Desde diciembre de 1998 hemos monitoreado las imágenes GOES-HIGP del volcán Popocatepetl buscando correlaciones con los episodios de actividad. Estas imágenes se han obtenido cada 15 minutos en promedio, las 24 horas de cada día. Los resultados de este análisis muestran que la presencia de anomalías térmicas tiene un valor precursor, es decir, precede alguna actividad eruptiva significativa del Popocatepetl cuando:

- a) El número de anomalías excede 50 por día
- b) El nivel de radianza en los pixeles de la anomalía excede $1.2 \times 10^{**6}$ W/m²

En diciembre de 2000, la actividad del volcán se incrementó considerablemente mostrando valores de radianza sin precedente, así como un incremento en el número de anomalías térmicas por unidad de tiempo. En estas circunstancias se realizaron pruebas de hipótesis para testificar la validez de los criterios anteriores. Los datos analizados corresponden al periodo del 1 de noviembre al 31 de diciembre de 2000, con los siguientes planteamientos: Sea X el número de anomalías, y u la media de X. Considerando como hipótesis nulas H0a: $u=50$ no es un valor precursor de actividad volcánica; y H0b: $u=1.20 \times 10^{**6}$ W/m² no es un valor precursor de actividad volcánica contra las alternativas H1a: $u \geq 50$; y H1b: $u \geq 1.20 \times 10^{**6}$ W/m² son valores precursores de actividad volcánica, se realizaron dos pruebas, una utilizando una distribución de frecuencias cuantil-cuantil, suponiendo una distribución normal para los valores de las variables analizadas, y la otra, una prueba t de Student. La primera indicó que a partir de 39 anomalías por día se puede tener un grado suficiente de confianza para darle un valor precursor. La segunda indicó que la hipótesis nula (que 50 anomalías no es un valor precursor) puede ser rechazada con 95% de confianza. Con respecto a los niveles de radianza se procedió de manera similar, obteniéndose que valores de $0.63 \times 10^{**6}$ W/m² pueden tener un valor precursor, y que $1.20 \times 10^{**6}$ W/m² puede ser considerado precursor con un 95% de confianza.

Referencias:

- Harris J.L., Flynn L.P., Dean K., Pilger E., Wooster M., Okubo Ch., Mougini-Mark P., Garbeil H., Thornber C., De la Cruz-Reyna S., Rothery D. and Wright R., 2000. Real-time satellite monitoring of volcanic hot-spots. remote sensing of active volcanism. American Geophys. Un. Geophysical Monograph, 116: 139-159.
- Wright R., De la Cruz-Reyna S., Harris A., Flynn L. and Gomez-Palacios J.J., 2002. Integrated geophysical monitoring at popocatepetl: explosions, exhalations, and cycles of dome growth. (aceptado) J. Geophys. Res.

VOLG-10

SOBRE EL MODELADO Y SIMULACIÓN NUMÉRICA DE SISTEMAS GEOFÍSICOS Y GEOLÓGICOS COMPLEJOS

Mario César Suárez Arriaga

Escuela de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México
E-mail: msuarez@zeus.umich.mx

Un sistema complejo natural es todo aquel cuyas propiedades y comportamiento no pueden ser explicadas completamente por la sola comprensión aislada de cada uno de sus componentes. Cualquier fenómeno geofísico o geológico, formado por mas de dos partes interactuantes o subsistemas

puede considerarse como un Sistema Complejo Natural. Estos sistemas actúan como un todo y no es posible comprender su funcionamiento global sin considerar las interacciones entre todas y cada una de sus partes. Ejemplos concretos de Sistemas Complejos Naturales son los reservorios geológicos conteniendo agua, energía, aceite, gas o minerales. Un yacimiento de esta clase está formado por rocas porosas, deformables de distintos tipos además de fluidos cuya geoquímica es sumamente compleja. El planeta Tierra como ente geológico, geoquímico, geofísico y geotérmico es una entidad altamente compleja. El agua simple cuando se le observa en un rango termodinámico suficientemente amplio resulta ser un líquido nada simple, de tal magnitud que hasta la fecha, no ha sido posible encontrar una ecuación única que explique totalmente su comportamiento. Lo paradójico de este asunto es que las leyes científicas parecen ser simples. Al menos en la Física y en la Química las cosas pueden explicarse a partir de unos cuantos principios sencillos. Así todo parece simple, todo, excepto el mundo global. Discutiendo brevemente la diferencia entre Reduccionismo y Complejidad nuestro, con ejemplos sencillos, que la primera perspectiva ha sido dominante desde las raíces de la ciencia occidental. Pero al momento de abordar el modelado y simulación numérica de sistemas naturales surge de inmediato su complejidad y la necesidad de entender cómo interactúan las partes básicas del sistema, lo cual es más importante que comprender solamente a cada una de ellas. La clave de la complejidad radica en comprender cómo a partir de los elementos más simples, y de las relaciones más sencillas, se van tejiendo redes de interacciones que alcanzan la pasmosa complejidad del mundo en que vivimos.

VOLG-11

RED DE GPS DE FRECUENCIA L1 APLICADA AL MONITOREO VOLCÁNICO EN TIEMPO CASI REAL

Correa-Mora Francisco y Cabral-Cano Enrique
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: pancho@igefcu.unam.mx

El uso de GPS para cuantificar la deformación superficial en volcanes activos se ha incrementado en los últimos años, debido a la gran precisión que se puede obtener al emplear receptores de doble frecuencia y el postproceso de la información utilizando órbitas precisas. Una alternativa de mucho menor costo es la utilización de receptores de una sola frecuencia (L1) complementada con la aplicación de técnicas diferenciales. Actualmente se encuentra en operación una red experimental de 4 estaciones con receptores L1 en el volcán Popocatepetl. Estos receptores fueron desarrollados por UNAVCO utilizando tarjetas CMC Allstar y transmitiendo por medio de radiomodems Freewave dentro de una red TDMA.

En este trabajo se analiza la posibilidad de utilizar el método diferencial para poder detectar los cambios causados por una posible deformación. El procesamiento de información con técnicas diferenciales en ventanas de corto plazo, permite

obtener la tendencia de las líneas de base entre las estaciones con una precisión del orden de ± 30 mm. Este proceso puede ser implementado para su ejecución automática a intervalos mínimos de 3 horas. Debido que en un gran porcentaje de las erupciones volcánicas de magnitud considerable se han observado deformaciones en rangos de centímetros a decímetros antes de algún evento de importancia, la precisión obtenida en el cálculo de líneas de base en una red de receptores LI es satisfactorio para analizar la deformación de un volcán.

El procesamiento de datos de una red GPS LI se puede hacer dentro de un sistema cerrado pues no se hace necesario el contar con órbitas precisas. Esto hace posible que las soluciones sean procesadas con relativa rapidez y favorece que la deformación en superficie sea un elemento útil a considerar para la evaluación de precursores de una erupción volcánica y en la toma de decisiones de las autoridades civiles.

VOLG-12

PARAMETRIZACION GEOMORFOMETRICA DEL RELIEVE Y SUS IMPLICACIONES EN LA CARTOGRAFIA GEOLÓGICA: CASO DE LA CALDERA DE ACOCULCO, PUEBLA

Vicente Torres Rodríguez¹, Andrea Bolongaro-Crevenna¹⁻²⁻³,
Valentino Sorani² y Eduardo González Partida⁴

¹ Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C.
E-mail: anide@terra.com.mx

² Laboratorio Interdisciplinario de Sistemas de Información Geográfica, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

³ Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

⁴ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

El relieve de una superficie es la síntesis acumulativa de los procesos endógenos y exógenos que han operado sobre un sitio en el transcurso de su historia geológica. Las formas adquiridas por cualquier sitio estarán influenciadas por aspectos como la litología, el estado geodinámico antiguo y actual, y el régimen climático. El relieve actual como última expresión de tales aspectos contendrá información sobre la composición, la estructura, la geometría y el origen de las formas que lo constituyen. El análisis del relieve pretende extraer información sobre estos aspectos por medio del procesamiento numérico de modelos digitales de elevación.

Si bien existen geoformas generales para cada tipo de roca, dependiendo de las condiciones tectónicas bajo las cuales una roca fue llevada a la superficie, y de su interacción con las condiciones climáticas y geodinámicas, la expresión superficial de cada unidad litológica será prácticamente un evento único.

En el presente trabajo se presenta la aplicación de metodologías de parametrización geomorfológica para la clasificación de unidades geológicas en la región de la Caldera de Acoculco, Puebla.

El procedimiento consistió en extraer numéricamente atributos del relieve como: elevación, pendiente topográfica, orientación de laderas, convexidad del relieve y longitudinalidad. A continuación se parametrizó el relieve para asignar a cada píxel una clase geomorfológica única, clasificando el relieve en términos de las proporciones relativas de geoformas sencillas como: bordes, canales, planos, huecos, picos y pasos.

Estructuras de diversa índole pueden quedar representadas por combinaciones de estas formas sencillas. Por ejemplo, un cono cinerítico con cráter quedará definido por un conjunto de formas de bordes con disposición radial, una forma de hueco en el centro y canales anulares alrededor de la estructura. En efecto, las geoformas asociadas con la Caldera de Acoculco tales como riolitas lajeadas, lavas y domos dacíticos, lavas andesíticas, conos cineríticos, derrames basálticos y domos riolíticos, pudieron ser expresados numéricamente como combinaciones de las mencionadas geoformas básicas.

Esta clasificación se cruzó con información litológica obtenida en trabajo de campo encontrándose que cada unidad litológica tiene una composición porcentual distintiva y cuantificable en términos de elementos básicos de relieve. Cuando se volvió a clasificar la litología, considerando ahora los atributos cuantificados del relieve, surgió un mapa geológico y estructural más preciso.

Por último, mediante la utilización de parámetros geomorfológicos junto con imágenes de sensores remotos se eliminaron errores comunes en las tareas de clasificación de imágenes de satélite tales como el efecto de la sombra topográfica y el de la vegetación, ya que mediante un conjunto de reglas de decisión, se subordinaron los efectos de los valores de radiancia de aquellas bandas de la imagen de satélite muy afectadas por la vegetación y por sombras, al de su composición geomorfológica, que es una expresión más fiel de la litología.

VOLG-13

PROCESO EFUSIVO DEL VOLCÁN DE COLIMA: OCTUBRE 2001-AGOSTO 2002

Carlos Navarro Ochoa

Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima

E-mail: naoc@cgic.ucol.mx

Se describe el actual proceso efusivo del Volcán de Colima, el cual se inició a mediados de Octubre de 2001 con el relleno lento (0.1 a 0.2 m³/s) de lava andesítica (59.93% SiO₂) en bloques de un cráter de explosión formado entre 1999-2001, llevando a la formación de un domo con un volumen cercano a 2 millones de m³ hasta el 4 de Febrero de 2002. Comenzando ese día el desbordamiento en una serie de cortos derrumbes y escasos flujos piroclásticos que no sobrepasaron los 3 km en distancia desde la cima.

A la fecha (Agosto de 2002) el proceso ha formado 6 cortos frentes de flujo de lava en bloques que no rebasan el 1.4 km de extensión (la mayoría, menos de 500 m de largo) en los sectores SW, WSW, W, E y WNW de la cima del volcán. El conjunto de estos flujos de lava tiene un volumen cercano a los 4.3 millones de m³ y han sido emitidos a una tasa variable de entre 0.2 a 6 m³/s. Los flujos de bloques y cenizas han sido escasos y preferentes en el sector W, siendo emitidos a principios de Febrero de 2002. Los colapsos, tanto desde la cima como de los frentes y flancos de los flujos de lava, suman en la actualidad un promedio de 260/día y su observación nocturna con cámara de vídeo infrarroja muestra una componente gaseosa importante en la expulsión de dichos bloques de lava en su fuente de origen. Estos derrumbes constantes (de 10 a 12/h) podrían sumar un volumen diario de alrededor de 10,000 m³.

El actual proceso efusivo ha sido el más largo en los últimos 40 años de actividad similar, con 10 meses continuos de efusión, sin embargo su baja tasa de emisión (aprox. 0.3 m³/s) lo pone en 4º lugar con un volumen estimado, hasta la fecha, de 8.1 millones de m³ de lava, después las erupciones mas voluminosas de 1975-76, 1991 y 1998-99. La Actividad ha sido continua presentando aumentos y disminuciones en su tasa de emisión, interpretandose como posibles "bolsas" de magma que ascienden hasta el domo. Se espera que este comportamiento por sus características actuales se prolongue aún por semanas o meses.

VOLG-14

ACTIVIDAD DEL VOLCÁN COLIMA, OCTUBRE DEL 2001-MAYO DEL 2002

Suárez-Plascencia C., Nuñez-Cornu F.J. y Reyes-Dávila G.A.
 Depto. de Geografía, SisVoc, Universidad de Guadalajara
 E-mail: csuarez@udgserv.cencar.udg.mx

Desde enero de 1998 un nuevo periodo de actividad, el cual se ha caracterizado por dos fases: La primera fue una fase efusiva que inicio el 20 de noviembre de 1998 y finalizo el 10 de febrero de 1999 con una gran explosión en la cima. A partir de este día el modelo eruptivo del volcán cambio de efusivo a explosivo, actividad que formo en un lapso de aproximadamente 10 meses un cráter en forma de elipse de 260 x 225 m y una profundidad entre 15 y 40 m. En agosto Gavilanes y Varley (05/01 (BGVN 26:05) reportan la aparición de una estructura domica en el sector suroeste del cráter, la cual alcanzo una altura de 21 metros y un volumen aproximado de 150,000 m³.

El 31 de octubre del 2001 elementos de Protección Civil Jalisco desde la Base Nevado de Colima (Bravo Néctar), reportan una estructura volcánica extruida en el interior noreste del cráter del Volcán de Fuego. Se realiza un vuelo de reconocimiento observándose una "Espina" de 40 m de altura y 20 m de diámetro, y corresponde a material lávico que quedo en el conducto de la "Boca Noreste" con actividad en 1976. Esta "Espina" fue extruida por nuevo magma que se encontraba ascendiendo por el conducto y que a partir de las

observaciones del día 23 de noviembre del 2001, se comenzó a manifestar un cambio en la morfología del interior del cráter al detectar el crecimiento de un nuevo domo de color oscuro en el sector sur de la Espina. Este nuevo domo tuvo un radio aproximado de 14m y una altura de 21m lo que implica un volumen de 13,600 m³, que sumados a los 75,000 m³ de la Espina, se tuvo un total de 88,600 m³ extruidos en un lapso de 30 días. El crecimiento de este domo provoco que la espina se inclinará aproximadamente 31° hacia el noreste en un lapso de 20 días. La tasa de crecimiento calculada ha esta fecha fue de aproximadamente 0.027m³/seg.

En las observaciones efectuadas el día 29 de diciembre del 2001, se noto un incremento notable en el volumen del material extruido en relación al mes de noviembre. El domo presento una forma de un cono truncado con un radio en la base de 90m a 100m y un radio en la parte superior de 35 m a 45m, con una altura aproximada de 50 m, comenzando a cubrir el cono de cenizas situado sobre la Boca Oeste, y empujo los restos de la "Espina" en dirección noroeste. Se estimo que el total de material extruido a esta fecha fue de 730,600 m³, ha una velocidad media de extrusión de 0.13 m³/seg. En el mes de diciembre la tasa se incremento a 0.29 m³/seg, que supera diez veces la tasa de extrusión calculada para el mes anterior.

Para finales del mes de enero del 2002 el volumen de la extrusión de lava sigue aumentando y alcanza el borde sur y noreste del cráter, iniciando el 14 de febrero la formación de dos lóbulos de lava sobre las barrancas SW y NE, de estos frentes se han desarrollado constantes caídas de rocas que han llegado a formar en algunas ocasiones pequeños flujos piroclásticos, que no han afectado a los localidades cercanas ni a las actividades económicas que ocupan y se desarrollan en las partes bajas del volcán. El mes de mayo la extrusión de lava continuo desarrollando estos frentes de lava, ocupando totalmente el cráter y formando un nuevo frente de lava hacia el sector oeste. Hasta el momento esta actividad continua acompañada de aumentos y disminución de la actividad sísmica e incandescencia en la cima, sin representar ello riesgo a la población circundante al volcán.

VOLCANISMO ACTIVO

VOLG-15

ACTIVIDAD RECIENTE DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL DESDE EL 21 DE ENERO DE 2001 Y SUS IMPLICACIONES FUTURAS

Valdés-González C.¹ y Martínez-Bringas A.²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: carlosv@ollin.igeofcu.unam.mx

² Centro Nacional de Prevención de Desastres

El evento más importante en los últimos, casi 8 años de actividad del volcán Popocatepetl, ocurrió el 21 de enero de 2001. Esta actividad eruptiva de VEI 3-4 produjo flujos

piroclásticos que bajaron por varias de las laderas del volcán y una columna de ceniza de más de 14 Km de altura. Después de esta importante actividad, se presentaron explosiones menores el 29 de enero y el 9 de febrero, destruyendo más del domo remanente. Al término de esta actividad explosiva, el volcán entró en una etapa de formación de domos pequeños (menos de $1 \times 10^6 \text{ m}^3$) y su subsiguiente destrucción mediante explosiones pequeñas. La formación de los domos fue acompañada, en la mayoría de las veces, por intensas etapas de eventos sísmicos LP, con duración de entre 3 y 5 días. Es así como se observó el 6 de marzo de 2001, un incremento de eventos LP por día, y el 13 de marzo en un sobrevuelo se identificó un nuevo domo con 150 m de diámetro. Días después, el 16 de abril, una explosión comenzó el proceso de destrucción, lanzado fragmentos incandescentes fuera del cráter y produciendo una columna de ceniza de 4 km de altura. Otras explosiones siguieron el 29 de abril y el 31 de mayo. Junio se caracterizó por episodios de tremor armónico que totalizaron 25% de las 226 horas registradas desde febrero. En julio 19 y agosto 10, se registraron nuevos episodios de eventos LP (160 por día) y también se observó un domo de 190 m de diámetro y 30 m de altura en agosto 15. El 10 de septiembre se registró una intensa actividad tipo LP, seguida el día 19 de septiembre por un evento volcano-tectónico de magnitud 3.0. Fotografías aéreas del 24 de septiembre, 25 de octubre y 21 de noviembre, muestran los remanentes de domos menores de 130 m en diámetro. Una intensa actividad LP (66 LP por día) fue registrada de nuevo el 10 y 12 de diciembre del 2001, observándose el día 11 un domo de 190 m diámetro. Varias explosiones, los días 18 y 22 de diciembre, iniciaron el proceso de destrucción de éste último domo, enviando fragmentos incandescentes a distancias de hasta 2 km del cráter. Hasta esta fecha y desde julio se contabilizaron cerca de 89 horas de tremor armónico. Desde enero 21 y hasta diciembre del 2001, se registraron 166 sismos tectono-volcánicos (VT), localizados principalmente bajo el cráter del volcán y con profundidades entre los 2 y 3 Km. Los sismos VT se encuentran al Norte de los 19.015° , definiendo claramente una frontera, con excepción de 18 eventos al Sur de ella. Una actividad similar a la observada en 2001, de formación y destrucción de domos ocurrió el 24 de enero, 19 de febrero y 29 de abril del 2002. A partir de esta fecha, continuaron presentando episodios intensos de eventos LP, el 14 de mayo, 23 de julio y 15-17 de agosto, y 20 horas de tremor armónico el 10 de agosto, pero ahora todas estas actividades se presentaron sin la formación de domos. También se observó que el número de sismos VT, ha ido en aumento mes con mes, comenzando con 12 en febrero, hasta 48 en julio, para un total de 196 sismos en el 2002. Con base en estos datos, podemos determinar que la actividad del volcán ha pasado de un mecanismo, en el cual el material en ascenso formaba domos y producía efectos sísmicos claros, a un mecanismo, que indica que el emplazamiento de material magmático está ocurriendo a mayor profundidad, produciendo efectos sísmicos, pero no la formación de domos. Éste comportamiento sugiere que el volcán no está llegando a una fase terminal de su actividad, y segundo que el material que está provocando la actividad

sísmica actual pueda llegar a la superficie, desencadenando una etapa eruptiva, probablemente como las observadas en los años pasados.

VOLG-16

MONITOREO TÉRMICO EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Gerardo Jiménez Romano¹, Ángel Gómez Vázquez¹ y Servando de la Cruz Reyna²

¹ CENAPRED

E-mail: termica@cenapred.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

Los fenómenos naturales de gran complejidad, como es el caso de la actividad volcánica, presentan una diversidad de manifestaciones, muchas de las cuales salen del rango de percepción de los sentidos y de algunos instrumentos. Por ejemplo, señales sísmicas que escapan a la detección de sismómetros convencionales de periodo corto, o varias formas de energía radiada sólo han podido ser detectadas en las últimas décadas. Aunque se sabe que en el balance de energía de una erupción, la energía térmica es la dominante, esta ha sido cuantificada en muy pocos casos, por lo general limitados a erupciones efusivas.

Para el caso del volcán Popocatepetl, hemos utilizado un equipo que permite observar una parte del espectro electromagnético, el infrarrojo medio (IR). Esta cámara térmica de barrido (CT), del Instituto de Geofísica de la UNAM, se opera en colaboración con el CENAPRED, donde se cuenta también con una cámara de video convencional. Las cámaras se encuentran instaladas en el área de Altzomoni. La combinación de imágenes en la banda visible y en el IR han permitido observar de manera clara eventos de diferentes intensidades. Adicionalmente, la CT ha detectado actividad nocturna y en condiciones atmosféricas adversas.

Durante los eventos explosivos, es posible con la cámara de video apreciar en parte la distribución de los fragmentos arrojados por éstos. Durante su tiempo de vuelo, los fragmentos pueden enfriarse debido al contacto con el ambiente y dejar de registrarse en la imagen de video. Sin embargo, mientras los fragmentos se encuentren a una temperatura mayor a la del medio ambiente, es posible distinguirlos fácilmente con la CT y determinar su cantidad y distribución sobre el volcán, aún después de que han perdido su incandescencia.

La CT también se ha utilizado para obtener imágenes aéreas del volcán y observar la estructura térmica de los domos. La obtención de imágenes directas del domo a una distancia relativamente corta, pueden ser utilizadas para determinar su energía interna y como cambia en el tiempo al correlacionarlas con las fotos aéreas proporcionadas por SCT.

Finalmente, cabe mencionar que el equipo CT ha sido utilizado en otros volcanes, como por ejemplo el volcán de Colima en el que se han realizado observaciones infrarrojas de septiembre del 2001 y de la actividad que se presentó en marzo de 2002.

VOLG-17

OBSERVACIONES DEL DOMO DEL VOLCÁN DE COLIMA 2001-2002: UN MODELO DE LA ERUPCIÓN EFUSIVA

Juan Carlos Gavilanes Ruiz y Nick Varley
Facultad de Ciencias, Universidad de Colima
E-mail: gavilan@ucol.mx

Antes y durante el proceso efusivo de 2001-2002 se realizaron varios ascensos a la cima del Volcán de Colima que permitieron hacer mediciones in situ con GPS y clinómetro de los cambios morfológicos. Se crearon modelos digitales del crecimiento del domo de lava que permitieron el cálculo de su volumen y la tasa de crecimiento en las diferentes etapas de la erupción. El estudio ha presentado una oportunidad especial para observar y documentar una erupción efusiva.

El volumen del cráter mayor era de aproximadamente 1,420,000 m³ antes del inicio de la erupción. Se puede dividir la erupción en seis fases hasta mayo de 2002 en función de las características físicas de la lava y tasa de efusión. La fase 1 de la extrusión de lava inició en mayo de 2001 y terminó a finales del mismo mes dentro del cráter interior (que tenía un volumen estimado de 91,000 m³) formado por la explosión del 22 de febrero de 2001, creciendo un domo de 160,000 m³ con una tasa de crecimiento de 0.096 m s⁻¹. Durante la fase 6 (finales de febrero a principios de mayo de 2002) se alcanza la mayor tasa de crecimiento (0.625 m³ s⁻¹) con un volumen de lava de 4,320,000 m³, localizándose un centro de emisión en el sector W del domo. En esta fase comienzan a descender los flujos de lava y piroclásticos. Las alturas del domo a partir del borde del cráter en los sectores N y NE del domo están comprendidas entre los 6 y los 7 m. Las fases intermedias representan etapas diferentes de la erupción efusiva. Se notaron varias migraciones del centro efusivo debido a la oclusión causada por las acumulaciones de las fases diferentes.

Los cambios observados permitieron la formación de un modelo del desarrollo de la erupción efusiva. La siguiente sucesión de eventos ocurrieron aproximadamente dentro de la misma área de la cima: las máximas temperaturas registradas de 1995 a 1998, la explosión de febrero de 2001, la extrusión del domo de la fase 1, las altas temperaturas de la fase 2, la extrusión de una espina de lava y la localización de un centro efusivo durante la fase 5. Esto sugiere que la localización del punto de emisión del conducto superior principal ha mostrado una baja tendencia a variar desde 1995.

VOLG-18

ANÁLISIS DE LA DEFORMACIÓN ANTES DURANTE Y DESPUÉS DEL PROCESO DE FORMACIÓN DEL DOMO 2000-2002 EN EL VOLCÁN DE FUEGO DE COLIMA

Juan José Ramírez Ruiz, Elíseo Alatorre Chávez y Hydyn
Santiago Jiménez
Observatorio Volcanológico, Universidad de Colima
E-mail: ramirez@cgic.ucol.mx

DURANTE EL PROCESO DE EVOLUCIÓN DEL DOMO 2000-2002 SE PRESENTARON VARIACIONES EN LA DEFORMACIÓN DEL EDIFICIO VOLCÁNICO MEDIDOS PRINCIPALMENTE POR TRES SISTEMAS DE INCLINÓMETROS ELECTRÓNICOS COLOCADOS SOBRE EL EDIFICIO VOLCÁNICO. SE HAN OBTENIDO VARIACIONES ACUMULADAS QUE SOBREPASAN LOS 300 MICRORADIANES ESTAS VARIACIONES NO SE HAN PODIDO CORRELACIONAR CON MEDICIONES DE EDM REALIZADAS EN EL FLANCO NORTE. UN ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES MUESTRA QUE SE PUEDE DETERMINAR UNA TENDENCIA Y CAUSA DE LAS VARIACIONES PERO UNA CUANTIFICACIÓN ENTRE LA VARIACIÓN Y EL VOLUMEN DE MATERIAL EXTRUIDO AHUN NO SE PUEDE DETERMINAR.

VOLG-19

GEOLOGÍA DE LA REGIÓN DE VALLE DE SANTIAGO (GUANAJUATO): INFORME PRELIMINAR

José Jorge Aranda-Gómez¹, Todd B. Housh², James F. Luhr³ y Gerardo Carrasco-Núñez¹

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

E-mail: jjag@servidor.unam.mx

² University of Texas at Austin

³ Smithsonian Institution

Aunque los cráteres de Valle de Santiago fueron reconocidos por Ordóñez desde 1900 como volcanes de origen freatomagmático, a la fecha no existe un mapa geológico detallado que muestre los diferentes tipos de volcanes de la región, sus relaciones de edad, los distintos tipos de magma que los originaron y su asociación con estructuras regionales.

Los maares de Valle de Santiago, conocidos popularmente como "Las Siete Luminarias", se ubican en el Cinturón Volcánico Mexicano, en el extremo nororiental del campo volcánico Michoacán-Guanajuato, en donde este se une a la planicie del Bajío. Los maares forman un alineamiento N10W que se extiende por más de 60 km desde la rivera meridional del lago de Yuriria hasta las inmediaciones de la ciudad de Irapuato. Esta orientación contrasta con el patrón tectónico ~E-W que controla el emplazamiento de algunos conos cineríticos y fallas activas de esa región. En la zona se han podido identificar más de veinte maares (sensu lato) y un gran número de conos cineríticos y derrames de lava cuaternarios, todos ellos construidos sobre un terreno dominado por

volcanes andesíticos tipo escudo del Mioceno tardío. Los maares forman varios grupos en que los cráteres se intersectan entre sí o se presentan en forma aislada. El análisis cuidadoso de la morfología de los cráteres y de sus relaciones de corte permite establecer una cronología relativa de la actividad volcánica dentro de cada grupo, pero las relaciones entre grupos solo pueden establecerse en aquellos sitios en donde existe la estratigrafía adecuada, mediante el empleo de diferentes métodos de correlación o por fechamientos radiométricos. La composición de los maares es predominantemente máfica, aunque algunos llegan a ser andesíticos y hasta dacíticos o riodacíticos (?).

La relación espacio-temporal entre las estructuras volcánicas de la región de Valle de Santiago no es simple. Por el contrario, el régimen eruptivo en la región ha variado con el tiempo, desde erupciones efusivas, relativamente tranquilas, de andesitas calcialcalinas, hasta erupciones estrombolianas y actividad freatomagmática intensa de magmas alcalinos, lo que indica fluctuaciones importantes en el aporte de agua y variaciones notables en los sistemas magmáticos. El alineamiento NW de los maares no sigue el patrón tectónico regional (~E-W), lo que ha sido interpretado como evidencia de reactivación de estructuras más antiguas. Sin embargo, la influencia del régimen tectónico con la naturaleza del vulcanismo de Valle de Santiago dista mucho de ser comprendida. Nuestro mapa preliminar indica que una fuente importante del agua para las erupciones freatomagmáticas pudo ser un lago extenso que cubría parte del Bajío. Un escudo de lava cortado por una falla normal con un desplazamiento significativo sugiere que la cuenca fluvio-lacustre fue originada en parte por fallamiento. Un fechamiento nuevo Ar/Ar (~0.2 Ma) confirma la edad cuaternaria del maar La Alberca.

VOLG-20

LA ANISOTROPIA DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA COMO HERRAMIENTA PETROLÓGICA: MITOS Y REALIDADES

Edgardo Cañón Tapia
 Depto. de Geología, CICESE
 E-mail: ecanon@cicese.mx

Aunque prácticamente desconocidas en México, las técnicas magnéticas están siendo usadas alrededor del mundo con fines petrológicos de manera muy común. Particularmente, la anisotropía de susceptibilidad magnética (ASM) permite obtener de manera muy rápida y sencilla, información tridimensional respecto a la orientación de todos los minerales contenidos en un volumen de roca relativamente grande. Dicha información puede ser de utilidad en el estudio de rocas tanto sedimentarias como ígneas y metamórficas, aunque es necesario hacer algunas suposiciones básicas en cada caso. Algunas de estas suposiciones han sido usadas sin mayor justificación para interpretar la ASM de todos los tipos de rocas, provocando confusiones que pueden llegar a ser muy graves. Por ejemplo, a pesar de que solo recientemente se

cuenta con una explicación clara de porqué esto es así, se ha postulado en diversas ocasiones que de manera normal la dirección de susceptibilidad máxima es paralela a la dirección de flujo del magma durante su emplazamiento en diques, aunque puede llegar a ser perpendicular al plano de la intrusión en un número reducido de casos. De manera similar, se ha postulado que las direcciones de susceptibilidad principales son paralelas a las direcciones de orientación preferente de los granos minerales de la roca, aunque existe la posibilidad de que en realidad ambos tipos de fábrica sean oblicuos. Lo que podría parecer un universo demasiado grande de posibilidades como para tener algún tipo de valor predictivo, resulta ser una consecuencia del gran número de variables involucradas en la formación de una roca. Sin embargo, debido a que todas esas variables siguen un número relativamente reducido de "reglas" físicas en un ambiente determinado, es posible obtener mucha información acerca de las condiciones de emplazamiento/deformación de una roca a partir de mediciones de ASM.

VOLG-21

MEDIDAS DE ANISOTROPÍA DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA: IMPLICACIONES DE LA FORMA Y MOVIMIENTO DE GRANOS MINERALES

M. Jazmín Chávez Álvarez y Edgardo Cañón Tapia
 Depto de Geología, CICESE
 E-mail: jchavez@cicese.mx

La Anisotropía de Susceptibilidad Magnética (ASM) ha sido utilizada para determinar la dirección de flujo en diques. En base a la interpretación parcial de un modelo mecánico que predice la alineación de partículas elipsoidales, los ejes de susceptibilidad máxima o intermedia han sido propuestos alternativamente como indicadores de la dirección de flujo. Sin embargo, una interpretación completa del mismo modelo mecánico aplicado a un gran número de partículas orientadas originalmente de forma aleatoria, nos muestra que los ejes de susceptibilidad presentan diferentes orientaciones como una función del tiempo y la forma del grano. Un análisis preliminar de los resultados nos permite identificar cuatro tipos de distribución de ejes: 1) susceptibilidad máxima promedio imbricada con respecto al plano del dique y a la dirección de flujo del magma (fábrica "normal"), 2) susceptibilidad máxima promedio paralela a la dirección de flujo pero sin imbricación, 3) susceptibilidad intermedia promedio paralela a la dirección de flujo mientras que la susceptibilidad máxima promedio permanece en el plano del dique, 4) no hay relación entre los ejes de susceptibilidad y la dirección de flujo del plano del dique. Basados en estos resultados se concluye que no hay una regla simple que pueda ser aplicada en todos los casos, ni alguna herramienta estadística que asegure una interpretación satisfactoria de medidas de ASM en diques. Nuestros resultados tienen implicaciones concernientes a la aplicabilidad de la ASM como indicador de la dirección de flujo no solo en diques sino en flujo de lavas y otras rocas ígneas.

VOLG-22

ERUPCIONES PLINIANAS HOLOCÉNICAS DEL VOLCÁN CERRO MACHÍN, COLOMBIA

Rueda H., Cortés G.P., Méndez R.A., Cepeda H., Siebe C. y Macías J.L.

Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: hruedal@hotmail.com

El Cerro Machín (2750 m.s.n.m.) es un volcán de edad holocénica y de composición dacítica, localizado en el borde oriental de la Cordillera Central de Colombia. Su estructura consta de un cono de toba (Tuff cone) poligenético. En el interior del antiguo cráter (diámetro interior de 2.4 km) se encuentran varios domos con actividad fumarólica cubiertos con densa vegetación. El estudio de la estratigrafía de este volcán y fechamientos por radiocarbono realizados en fragmentos de madera carbonizada en depósitos piroclásticos y de lahares indican que al menos han ocurrido 6 erupciones plinianas de gran magnitud durante el Holoceno, con edades aproximadas de 800, 1200, 2500, 3600, 4700 y 5100 años A.P. El registro estratigráfico de cada erupción de base a cima consiste de depósitos de caída, flujos piroclásticos y lahares. Los depósitos piroclásticos de caída están expuestos hasta 60 km del cráter cubriendo un área total de 2000 km² y con volúmenes mínimos de 0.3 km³. Las columnas eruptivas alcanzaron alturas por encima del cráter que oscilan entre los 26 y 34 km. El colapso de estas columnas generó depósitos de flujos piroclásticos los cuales se encuentran distribuidos hasta 15 kilómetros alrededor del volcán. Algunos de éstos superaron barreras topográficas de 200 m. de altura. Debido a la remoción pluvial del material piroclástico emitido que rellenó valles y barrancas que nacen en el volcán se generaron lahares de gran magnitud que cubren un área del orden de 1000 km² y alcanzaron distancias de hasta 115 kilómetros por el cauce de los Ríos Coello y Magdalena. Los depósitos de estas erupciones han cubierto grandes áreas donde en la actualidad se encuentran importantes ciudades de los departamentos de Tolima, Quindío y norte del Valle del Cauca, al igual que carreteras de gran importancia económica para el país.

VOLG-23

DEGASSING PROCESSES OF EVERMAN VOLCANO, LA ISLA DE SOCORRO

Nick Varley¹ y Yuri Taran²

¹ Facultad de Ciencias, Universidad de Colima
E-mail: nick@cgic.uco.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

La Isla de Socorro represents the upper part of a large active alkaline and peralkaline volcano (Everman) located 650 km west of Manzanillo. The most recent eruptive activity was in 1993 when a small submarine flank eruption occurred which lasted a few months and produced low-density scoriaceous

blocks. Several areas of low temperature fumaroles and acidic hot pools (pH 2.45) are located in the summit area; otherwise the island has very little permanent surface water.

In this study, periodic visits are being made to the island to obtain samples of fumarolic gas and the waters from the summit zone. During the most recent visit several other low flux water sources were discovered around the island, which too were sampled. Later analyses of major ions and isotopes enabled characterisation of the waters. The CO₂ in the fumarolic gases give an isotopic signature typical for a mid-ocean ridge basalt source ($\delta^{13}\text{C} = -5.3$ to -3.9%), but the result for He was lower than the typical result ($R/R_a = 6.0 \pm 6.6$). The summit springs do not contain Cl and are typical for a vapour-dominated hydrothermal system. Isotopic analyses of the hot pool water and condensate samples indicated a system dominated by meteoric water with no magmatic component. Further data is helping to corroborate previous theories on a system with two sources: a shallow hydrothermal system and H₂ and CH₄-rich gas generated by serpentinization of the basaltic lava.

Initial results of a map representing the diffuse degassing of the volcano have produced interesting results: the concentration of radon is high across the island, with concentrations up to 227 and 1582 kBq m⁻³ for ²²²Rn and ²²⁰Rn respectively. Some regional patterns have been identified, with variations in the ratio of ²²²Rn:²²⁰Rn. The anomalies are likely to be associated with areas of high permeability, and can be related to faults within the edifice. The high radiogenic contents of the Socorro lavas may help to explain the low He isotopic ratio.

VOLG-24

NATURALEZA DEL MAGMA DE LA ERUPCIÓN PÓMEZ TOLUCA SUPERIOR DEL VOLCÁN NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO

Arce J.L.¹, Macías J.L.² y Gardner J.E.³

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: arcej@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Geophysical Institute, University of Alaska, Fairbanks, USA

La erupción pliniana de la Pómez Toluca Superior (PTS), es el último evento volcánico de gran magnitud ocurrido hace aproximadamente 10,500 años A.P. en el Volcán Nevado de Toluca. Esta erupción arrojó una gran cantidad de magma (6 km³) de composición dacítica (63-66% en peso en SiO₂), la mayor parte como caída de piroclastos y en menor cantidad como flujos y oleadas piroclásticas, concluyendo con la extrusión de un domo central (El Ombligo). Los productos juveniles originados por este evento volcánico son fragmentos de pómez blanca, gris y bandeada y líticos de color gris claro, con una asociación mineralógica de plagioclasa + hornblenda + ortopiroxeno + óxidos de Fe y raramente biotita, en una matriz microcristalina y vítrea de composición riolítica (70-75

% en peso SiO₂). A pesar de que no existe una variación importante en la composición química de roca total, los análisis de microsonda de las distintas fases minerales y de la matriz, revelan que el domo central así como la pómez gris, son relativamente más silíceas respecto a la pómez blanca. Experimentos de laboratorio de muestras naturales realizados a presiones y temperaturas controladas, indican que el magma estuvo sujeto a una temperatura de 855-863°C y a una presión entre 1800-2000 bars. Esto indica que la cámara magmática estuvo localizada a una profundidad aproximada de 5-6 km por debajo de la cima del volcán. Así mismo se establecieron los límites de estabilidad de las principales fases minerales, el anfíbol puede cristalizar desde presiones de 1400 bars en adelante y temperaturas de 780°C hasta 870°C; la plagioclasa no puede cristalizar de manera estable a más de 700°C y presiones > 2000 bars; por último el ortopiroxeno presenta un intervalo de presión y temperatura muy amplio en el cual puede cristalizar de manera estable, a alta presión y baja temperatura (2600 bars y 860°C) así como a menor presión y mayor temperatura (1900 bars y 900°C).

VOLCANOLOGÍA GENERAL

VOLG-25

DEPÓSITOS DE AVALANCHA Y FLUJOS DE ESCOMBROS ORIGINADOS HACE 3600 AÑOS POR EL COLAPSO DEL SECTOR SUROESTE DEL VOLCÁN DE COLIMA

Abel Cortés Cortés

Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima
E-mail: abel31@hotmail.com

Hace 3,600 años, el flanco SW del Volcán de Colima colapsó originando una avalancha de escombros que viajó 25.5 Km hacia el SW alcanzando el río Armería y bloqueando su cauce. El flujo alcanzó velocidades de 110 Km/h al llegar al río Armería, antes de detenerse contra las calizas de Cerro Grande, en un tiempo de 3.7 minutos. Actualmente el depósito de avalancha cubre una superficie de 38.8 km² con un espesor promedio de 30 m, un volumen de 1.1 km³ y una relación (H/L) de 0.13. Parte de la avalancha se emplazó a lo largo del valle de la barranca La Lumbre, donde formó una serie de terrazas con espesores máximos de 60 m. La presencia de material juvenil y depósitos de flujos piroclásticos con pómez de caída intercalada, que sobreyacen en forma directa al depósito de avalancha de escombros, sugieren que el colapso del edificio volcánico fue debido a un evento volcánico tipo Bezymianny. En zonas cercanas a la fuente, el depósito de avalancha presenta una topografía abrupta de montículos, mientras que en zonas más lejanas presenta una superficie de pendiente suave con montículos pequeños, alargados en dirección del flujo y una serie de escalonamientos con paredes de algunas decenas de metros.

El depósito de avalancha bloqueó el valle del río Armería formando un lago con un volumen aproximado de 0.41 km³, el cual tardó aproximadamente 11 días en llenarse. El rompimiento de la represa dio origen a un flujo de escombros que viajó aproximadamente 20 km lo largo del valle del río Armería, donde formó un depósito con una serie de terrazas con paredes casi verticales y espesores que varían de 70 a 15 m. Actualmente el depósito de flujos de escombros, presenta una longitud de 17.5 Km y cubre una superficie de 6.38 km², con un espesor promedio de 30 m y un volumen 0.191 km³.

El estudio granulométrico del depósito de avalancha, muestra un contenido de grava que varía de 75% a 6.2% disminuyendo con la distancia. El contenido de arcilla varía desde un máximo de 3.88%, a 0.07% con la distancia. En cambio el depósito de flujos de escombros, presenta volares que varían de 58% a 36% disminuyendo con la distancia. Su contenido de arcilla tiende a aumentar con la distancia de 0.11% a 1.75%. Con base en el bajo contenido de material del tamaño de las arcillas y la ausencia de minerales arcillosos, el depósito de flujos de escombros se clasifica como un flujo de lodo no cohesivo.

Las evidencias sobre la ocurrencia de múltiples eventos de colapso asociados con avalanchas de escombros con volúmenes > 1 km³, en el Complejo Volcánico de Colima, hacen evidente la necesidad e importancia de un intenso y detallado trabajo de campo que permita caracterizar y determinar el número de avalanchas gravitacionales que permita definir un periodo de recurrencia de estos fenómenos eruptivos en el Complejo Volcánico de Colima.

Si un evento futuro de avalancha de escombros ocurriera en el Volcán de Colima y se emplazara hacia el sur, afectaría 3 municipios del Estado de Colima, incluyendo la ciudad de Colima, con un total de 256,921 habitantes.

VOLG-26

COLAPSO DE EDIFICIOS VOLCÁNICOS EN LA CADENA CITLALTÉPETL-COFRE DE PEROTE, SECTOR ORIENTAL DEL CINTURÓN VOLCÁNICO MEXICANO

Carrasco-Núñez G., Díaz-Castellón R., Hubbard B., Siebert L., Sheridan M. y Rodríguez S.

Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro., México
E-mail: gerardoc@uncit.unam.mx

La cadena volcánica Citlaltépetl-Cofre de Perote representa una importante barrera orográfica que separa el Altiplano central de México, con una altura promedio de 2,400 msnm, de la Planicie Costera del Golfo, cuyo nivel en la base de la sierra es de aproximadamente 1,300 m. El pronunciado desnivel que existe entre ambas provincias fisiográficas ha favorecido condiciones de inestabilidad gravitacional de los edificios volcánicos mayores que, de manera preferencial, se han colapsado repetidamente siempre hacia la Planicie Costera, formando avalanchas de escombros de grandes dimensiones

que inundaron el sistema de drenaje bien integrado que caracteriza a este sector de la cadena volcánica, en contraste con el Altiplano, que no presenta un red fluvial definida.

Colapsos catastróficos han ocurrido en varias ocasiones en los volcanes Citlaltépetl, Cofre de Perote, Las Cumbres y, muy posiblemente también, en edificios volcánicos que integran el complejo volcánico de La Gloria, ubicado entre Las Cumbres y el Cofre de Perote. Algunas de las avalanchas han alcanzado distancias de más de 70 km desde su fuente, sin sufrir transformaciones laterales significativas y han llegado hasta la costa como flujos de escombros secundarios. Hasta el momento, no se tienen mayores evidencias de actividad volcánica asociada a la formación de los colapsos sectoriales de estos edificios volcánicos. Por el contrario, en algunos casos se ha propuesto que su inestabilidad ha sido favorecida, de manera importante, por la fuerte alteración hidrotermal que han experimentado a través del tiempo, en conjunción con otros factores como: el pronunciado relieve hacia el sector oriental, el control de estructuras del basamento reactivadas en el Terciario Tardío, la alta precipitación pluvial en esa región, y la frecuente actividad sísmica. Estos dos últimos factores pueden considerarse como los agentes disparadores más viables, como ya lo han mostrado en tiempos históricos con la formación de flujos de escombros de origen sismogénico.

Esto tiene importantes implicaciones en la evaluación de la estabilidad de volcanes, ya que aún cuando estos se consideren extintos, pueden representar un gran riesgo por los derrumbes catastróficos que se pueden generar sin actividad volcánica asociada.

VOLG-27

MAPA DE PELIGROS PARA FLUJOS PIROCLÁSTICOS DEL VOLCÁN DE COLIMA Y EVALUACIÓN DEL RIESGO

Saucedo R.¹, Macías J.L.², Sheridan M.E.³, Bursik M.³ y Komorowski J.C.⁴

¹ Facultad de Ingeniería, Instituto de Geología, UASLP
E-mail: rgiron@uaslp.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Geology Department, SUNY at Buffalo, Buffalo, NY., USA

⁴ Institut de Physique du Globe de Paris, Paris, France

El registro histórico del volcán de Colima, indica que es el volcán más activo de México con más de 43 erupciones desde 1576, 25 de las cuales han generado flujos piroclásticos. Entre éstas, al menos tres han sido originadas a partir del colapso de una columna pliniana, 12 de tipo Soufrière y por lo menos nueve de tipo Merapi, que representan los escenarios eruptivos con mayor recurrencia.

Con base en el estudio de la erupciones de 1913, 1991, 1994 y 1998-1999, y el programa "Flow 3D" (Kover, 1995) se elaboró un mapa de peligros para flujos piroclásticos. El modelo emplea un modelo digital de terreno y algunos parámetros físicos como alcances máximos (coeficiente de fricción α_0), viscosidad (α_1) y turbulencia interna del flujo (α_2).

Con estos parámetros y tomando como referencia la erupción de 1913, se simuló las trayectorias máximas de los depósitos estudiados delimitando así tres zonas de peligro (alto, medio o bajo).

Las zonas que representan un peligro alto y medio (zonas 1 y 2) ubicadas a 7 km y 11 km de la cima del volcán, podrían ser afectadas por flujos piroclásticos tipo Merapi o Soufrière. Estos flujos piroclásticos, sólo afectarían algunos ranchos, al poblado de la Yerbabuena y probablemente al poblado de La Becerra (~500 habitantes). La zona de bajo peligro (zona 3) con un alcance máximo hasta de 17 km de la cima, podría ser afectada por flujos piroclásticos generados por el colapso de una columna pliniana, tipo 1913. En este caso se verían afectados poblados importantes como son La Becerra y Quesería en el Estado de Colima, y Tonila, Cofradía, San Marcos y Juan Barragán en el Estado de Jalisco, así como un número importante de ranchos, en total se vería afectada una población aproximada de 15,000 personas.

VOLG-28

RELACIONES ENTRE EL VOLCANISMO Y EL FALLAMIENTO TERCIARIOS EN LA REGIÓN DE TILZAPOTLA, ESTADO DE MORELOS

Morán-Zenteno Dante J., Alba-Aldave Leticia A., Gonzalez-Torres Enrique A. y Martiny, Barbara
Instituto de Geología, UNAM
E-mail: dantez@servidor.unam.mx

En la región sur del Estado de Morelos y noreste del Estado de Guerrero se localizan dos de los campos volcánicos terciarios más extensos del sector norte de la Sierra Madre del Sur. El primero de ellos corresponde a la Caldera de Tilzapotla-Buenavista la cual evolucionó como una estructura de colapso con posterior resurgencia. La segunda está representada por la Sierra de Huautla la cual está formada por los restos erosionados de una estructura volcánica del tipo estratovolcán. El primer grupo de fechamientos de K-Ar de la unidad Tilzapotla indican que el evento volcánico asociado al colapso de la Caldera ocurrió aproximadamente hace 35 Ma. La posición de las rocas andesíticas del volcán de Huautla sobreyaciendo a las ignimbritas de la Formación Tilzapotla y sus relaciones estratigráficas, indican una edad ligeramente posterior para la secuencia volcánica de Huautla.

La zona formada por ambos centros volcánicos se encuentra limitada por dos lineamientos regionales de orientación NW-SE. El primero de ellos, ubicado al suroeste de la Caldera de Tilzapotla-Buenavista se extiende hasta la región de Taxco-Tetipac en donde se ha documentado un desplazamiento lateral izquierdo para el final del Eoceno. Este lineamiento da forma relativamente rectilínea al borde sureste de la Caldera de Tilzapotla-Buenavista. Las estrías observadas en los planos de falla indican un desplazamiento vertical y oblicuo para los últimos episodios de desplazamiento que probablemente coinciden con el colapso de la caldera.

Para el lineamiento ubicado al noreste de la Sierra de Huautla se han documentado indicadores que revelan una historia cinemática variable. La geometría y las relaciones cinemáticas de los lineamientos regionales sugieren que el desarrollo del volcanismo en estas zonas fue favorecido por la extensión asociada a la terminación de las fallas laterales regionales o a la extensión en una zona de transferencia.

VOLG-29

LAS FALLAS NE-SW Y SU INFLUENCIA EN EL EMPLAZAMIENTO DEL CAMPO VOLCANICO APAN-TEZONTEPEC, CENTRO DE MEXICO

García-Palomo A.¹ y Macías J.L.²

¹ Depto. de Geología Regional, Instituto de Geología, UNAM
E-mail: apalomo@geol-sun.igeolcu.unam.mx

² Servicio Geológico Metropolitano

El Campo Volcánico Apan-Tezontepec (CVAT) está ubicado en la parte central del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, en un área delimitada por las coordenadas geográficas 20°00', 19°30'N y 99°00' y 98°00'W, en los estados de México, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala. El CVAT está constituido por cerca de 280 aparatos volcánicos, entre ellos: 10 volcanes en escudo, 5 domos, coladas de lava y conos de escoria km². Geomorfológicamente, el CVAT está emplazado en las planicies de Tizayuca, Apan y Tochac, las cuales tienen una orientación preferencial NE-SW y están delimitadas por frentes montañosos y las fallas denominadas: Axaxalpa, Apan-Tezontepec, Texcoco, Tizayuca y Tolcayuca. De acuerdo con las características geomorfológicas de estas planicies, el CVAT se puede clasificar como un campo de conos de plataforma. La composición química de las rocas del CVAT varía de basaltos a andesitas basálticas (50-56.5 % peso SiO₂). Las características junto con el análisis de los elementos trazas indica que se trata de rocas asociadas a zonas orogénicas. Tres fechamientos radiométricos K-Ar en rocas del CVAT (1.5 ± 0.07 Ma, 0.45 ± 0.07 Ma y 0.8 ± 0.2 Ma) lo ubican dentro del Pleistoceno.

El análisis estadístico del eje mayor de los conos de escoria (dirección preferencial N40°E), el grado de elipticidad determinado con base en mínimos cuadrados, así como la dirección de los colapsos de los conos (dirección NW), indican que el CVAT estuvo controlado por un fuerte control estructural. Así mismo se obtuvieron 15 lineamientos de conos del CVAT de los que se midieron el rumbo, la longitud, el centro, el número de conos por lineamiento, el coeficiente de correlación r y el error estándar, este análisis indica que el rumbo promedio de los lineamientos es de N45°E. Finalmente se graficaron las orientaciones del Esfuerzo principal mínimo (s_3), obtenido con base en los alineamientos de los conos de escoria. El análisis en un histograma polar indica un máximo entre N45°-50°W, es decir, la orientación del esfuerzo horizontal mínimo actual es N45W-S45E.

Por lo tanto la orientación preferencial de los conos de escoria coincide con la orientación de las fallas de la región (~N45°E), indicando que las fallas Axaxalpa, Tizayuca, Apan-Tlaloc y Tolcayuca jugaron un papel importante en el emplazamiento del CVAT.

VOLG-30

EARLY TERTIARY VOLCANISM IN LA VIRGEN HILL, ZACATECAS, MÉXICO ¿DOES IT REFLECT THE EVOLUTION OF A CALDERA?

Escalona-Alcázar E.J.¹, Suárez-Plascencia C.², Pérez-Román A.M.³, Ortiz-Acevedo O.⁴, Bañuelos-Álvarez C.⁵, Nava de la Riva J.C.⁶ y Bañuelos-Quezada V.⁷

¹ Depto. de Ordenamiento Ecológico, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas, GODEZAC, Guadalupe, Zac.
E-mail: fescalona@hotmail.com

² Depto. de Geografía y Ordenación Territorial, CUCSH, Universidad de Guadalajara

³ Consejo Estatal de Seguridad Pública, GODEZAC

⁴ Unidad Académica de Agronomía, UAZ

⁵ Dirección de Informática, ITESM, Campus Zacatecas

⁶ Depto. de Impacto y Riesgo Ambiental, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas, GODEZAC

⁷ Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas, GODEZAC

Early Tertiary volcanism in La Virgen Hill, Zacatecas, was mostly associated with the development and evolution of a caldera. The volcanic sequence was first described as an intercalation of ignimbrites with pumicitic and lithic tuffs, some breccias and scattered small intrusive domes. The oldest age reported is 49.5 Ma and the youngest is ~36 Ma, with a gap between ~44 to 40 Ma. In plan view La Virgen Hill and neighborhood forms a semicircular structure bordered at north by the "La Cantera" vein, that is a 8 km long structure. At southern edge there is a roughly linear structure composed by domes and small riolitic flows. At the north of "La Cantera" there are no outcrops of Tertiary volcanic rocks; however at the other edges Tertiary volcanism is widely exposed. The idea of the caldera is mostly supported by the semicircular structure and the thickness of the volcanic sequence.

In this work we present a detailed geologic mapping of the Tertiary volcanic rocks of La Virgen Hill. The volcanic sequence does not correlate well with the previously described. The reasons are no subject of this work. In the sequence here described La Virgen Hill is composed by interbedded lithic, crystalline and pumice pyroclastic rocks, together with thick riolitic flows, brecciated pyroclastic flows, and rare perlitic domes and lahars. The thickness of the individual units is not greater than 30 m. The exceptions are a crystalline tuff in eastern margin which is more than 60 m thick and a riolitic flow at the center of the hill. The possible sources for volcanic rocks are not yet identified. In most deposits the grain size (pumice and lithics) are mostly homogeneous within each. Brecciated pyroclastic flows not resembles to be traveled by long distances since they have fragments more than 2 m in diameter, are

closely packed, their thickness is around 20 meters. The rhyolitic flows shows viscous folding, some are spherulite rich, and flow lines are closely packed. For the perlitic rocks, domes and sills, some are associated with faults. The main question of this work remains unsolved until more detailed work and analyses will be done. At present time the evidence for solve the question is yet scarce and it is necessary a detailed structural study in order to support the final conclusion.

VOLG-31

**LA IGNIIBRITA PANALILLO, UNA REOGNIIBRITA
RIOLITICA EN EL CAMPO VOLCÁNICO DE SAN LUIS
POTOSÍ, MÉXICO**

Torres-Hernández J.R.¹, Labarthe-Hernández G.¹, Mata-Segura J.L.¹, Siebe-Grabach C.², Macías-Vázquez J.L.² y Espíndola-Castro J.M.²

¹ Instituto de Geología, UASLP
E-mail: jrtorres@uaslp.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

En el Campo Volcánico de San Luis Potosí (CVSLP), se ha documentado la presencia de dos unidades ignimbritas de composición riolítica; la Ignimbrita Cantera y la Ignimbrita Panalillo. Esta última, había presentado problemas de interpretación en cuatro aspectos principales; 1) su exposición muy esparcida y con poca área de exposición; 2) su espesor y características prácticamente homogéneas en dondequiera que se presenta; 3) la presencia de pliegues de flujo semejando lavas, y 4) la dificultad de asignarle una zona de fuente. Otra característica importante es que cubre a algunas de las fallas regionales de orientación NW-SE. Es común considerar a las ignimbritas asociadas a la evolución de una caldera, ya sea en sus estados incipientes, en donde solo se expresa una ligera depresión del terreno (?downsag?), o la depresión circular u elíptica formada por un verdadero colapso. Sin embargo, recientemente se ha podido documentar que algunas ignimbritas tienen fuentes alineadas o fueron emitidas a través de fracturas rectas, sin ninguna asociación caldérica, y es común que se mencione a ignimbritas de alto grado (?high grade ignimbrites?) como asociadas a la etapa final de emisión piroclástica a través de fracturas rectas, generando la formación de diques piroclásticos y la clausura de los conductos. Las características de remorfismo comunes en este tipo de ignimbritas, genera por movimiento lento post emplazamiento estructuras de flujo muy parecidas las de las lavas riolíticas. Sin embargo, por su contenido de pómez, el carácter vitroclástico de la matriz, su espesor homogéneo y sus características de soldamiento prácticamente total de la base a la cima, se les ha podido identificar como ignimbritas (?ash flow tuffs?) cuyo emplazamiento ocurre a muy altas temperaturas. Todas estas características son claramente identificadas en la Ignimbrita Panalillo. La conexión del material en superficie con diques piroclásticos emplazados en fallas regionales de orientación NW-SE, la identifican como una ignimbrita de alto grado emitida en la etapa final de un evento de vulcanismo

piroclástico en el área y señala el fin de un período de extensión en el Oligoceno tardío en la porción sur del altiplano central de México.

VOLG-32

**REPORTE PRELIMINAR SOBRE LA GEOLOGÍA Y
ESTRATIGRAFÍA DE UNA PORCIÓN DEL CENTRO-ESTE
DEL CAMPO VOLCÁNICO DE LA SIERRA
CHICHINAUTZIN**

Arana-Salinas L. y Siebe C.
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: liarana@hotmail.com

Se estudió la geología y estratigrafía de los volcanes monogenéticos Tláloc, Cuautzin III, Teuhtli y Ocusacayo, localizados en el sector centro-este del Campo Volcánico de la Sierra Chichinautzin. La geología superficial consiste de rocas ígneas extrusivas de edad cuaternaria, constituidas por derrames de lava de composición basáltico-andesítica (volcanes Ocusacayo y Teuhtli), andesítica (Ocusacayo y Teuhtli) y dacítica (Ocusacayo, Cuautzin y Tláloc) así como secuencias de depósitos de caída y pequeños lahares. Estas lavas fueron emplazadas a través de sistemas de fracturas con orientación E-W. La morfología de estos volcanes es de tipo escudo, aunque existen algunas diferencias entre ellos, las cuales se pueden atribuir a discrepancias en la tasa eruptiva, la composición química y la viscosidad del magma.

Para definir la estratigrafía del área se utilizó un horizonte guía, la "Pómez Tutti-frutti" del Popocatepetl, la cual tiene una edad aproximada de 14,000 años. Las rocas más antiguas del área corresponden a los productos del Ocusacayo y el Teuhtli, mismos que subyacen a la "Pómez Tutti-frutti". El complejo del Ocusacayo se compone de tres flujos principales de lava que varían entre dacita (el más antiguo) y basalto andesítico (el más joven), los cuales son sobreyacidos por un conjunto de conos cineríticos. El Teuhtli está constituido por al menos 4 flujos de lava estratificados, con espesores entre 1 y 3 m; su composición es andesítica y forman un escudo en cuya cima se encuentra un cono cinerítico. Estos productos son sobreyacidos por la "Pómez Tutti-frutti", un depósito pliniano de caída de pómez color naranja, con líticos accidentales de rocas metamórficas e ígneas. Su espesor máximo en el área es de 30 cm, y por debajo de éste se encuentra un estrato de ceniza color beige a gris con un espesor máximo de 7 cm.

Las rocas más jóvenes corresponden a los productos del Cuautzin y el Tláloc, y sobreyacen a la "Pómez Tutti-frutti". El Cuautzin es la estructura más pequeña, constituida por flujos de lava dacítica coronados por un cono cinerítico. Los depósitos de caída (de hasta 30 cm de espesor) del Cuautzin están cubiertos por depósitos de caída del Tláloc, el cual es un complejo de 3 conos cineríticos formados por depósitos de escoria y pómez que descansan sobre flujos de lava dacítica.

VOLCANOLOGÍA SÍSMICA

VOLG-33

ANÁLISIS DE PATRONES SÍSMICOS ASOCIADOS A EXHALACIONES Y EXPLOSIONES DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

De la Rosa Felipe¹, Gutiérrez Carlos A.¹ y Valdés Carlos M.²¹ CENAPRED

E-mail: felrm@cenapred.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

Existe un riesgo latente para la población alojada en los límites del estado de México, Morelos y Puebla, con la reactivación del volcán Popocatepetl a partir de diciembre de 1994. Para evitar daños mayores en las poblaciones cercanas al coloso (incluso para ciudades relativamente distantes del volcán, como el D.F. y la ciudad de Puebla, donde existe la posibilidad de afectación por caída de ceniza) y con el propósito de aminorar el riesgo asociado a la actividad volcánica, se evalúan aquellos parámetros mediante sistemas de monitoreo y observación de campo que permiten identificar los distintos niveles de actividad.

Se presenta un estudio de los eventos sísmicos detectados en la estación Canario (PPPV) ubicada sobre la ladera norte del Popocatepetl a 4170m de altura, latitud 19.0412 y longitud 98.6280. Se reportan los resultados del análisis de la sismicidad asociada con algunas exhalaciones de gran tamaño y con eventos explosivos de magnitud considerable. El estudio anterior tiene por objetivo los dos puntos siguientes:

- Identificar y clasificar los diferentes tipos de eventos sísmicos del volcán Popocatepetl.
- Determinar si existe algún patrón o patrones de sismicidad que indiquen la proximidad relativa de explosiones o exhalaciones importantes.

La clasificación de estos eventos se basa en la forma de onda de cada señal registrada, con una amplitud mayor a 15 mm, en un periodo de un mes (15 días antes de una exhalación o explosión importante y quince días después de la misma) con la intención de pronosticar algún evento a corto plazo.

Se obtuvieron resultados importantes sobre ésta clasificación, que dejaron ver que existen cinco familias de eventos: Los eventos tipo A o vulcanotectónicos, las exhalaciones que a su vez contienen 7 tipos de señales diferentes (tipos 1 al 7), los derrumbes, las explosiones y los temores.

También se determinaron los patrones de ocurrencia de los eventos sísmicos para cinco meses distintos; junio y diciembre de 1997, enero, noviembre y diciembre de 1998, en los cuales el volcán presentó un incremento en su actividad, concluyendo ésta, con una exhalación o explosión de grandes dimensiones.

En conclusión, de los 7 tipos de exhalaciones características identificadas, se observó que 3 de ellas, con menor ocurrencia relativa (tipo 5, tipo 6 y tipo 7) se muestran como precursoras, en ocasiones combinadas con el tremor armónico (T1) y siempre con eventos vulcanotectónicos Tipo A. Estas señales pueden correlacionarse entre sí, permitiendo identificar los patrones sísmicos precursores y por lo tanto la proximidad, con alta probabilidad, de un evento importante.

VOLG-34

INTERPRETACION DEL TREMOR ARMONICO REGISTRADO EN EL VOLCAN POPOCATEPETL DURANTE LA ACTIVIDAD ERUPTIVA DE DICIEMBRE DEL 2000

Arámbula-Mendoza R. y Valdés-González C.

Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: rul_arambula@yahoo.com.mx

El volcán Popocatepetl es considerado uno de los más activos de nuestro país en la actualidad como lo ha demostrado en los últimos años. Una etapa de gran actividad sísmica se presentó en el volcán, los días 15, 16 y 17 de diciembre del 2000. Esta etapa correspondió a un periodo de tremor armónico de gran amplitud, el cual saturó los registros analógicos de las estaciones de periodo corto de la red del monitoreo del volcán Popocatepetl. El tremor armónico se relacionó al emplazamiento de un nuevo domo de lava dentro del cráter, el cual se formó en dos etapas que totalizaron aproximadamente 32 horas. La localización de estos temores se llevó a cabo analizando el movimiento de partículas, de los registros filtrados para la mayor amplitud, que en este caso fue de 1.20 y 2.00 Hz para las dos etapas observadas. Las localizaciones del tremor, con la frecuencia fundamental alrededor de 1.20 Hz, se concentraron en una zona entre los 3100 y 3900 msnm. Para la segunda etapa, el tremor con frecuencias fundamentales cerca de los 2 Hz, se localizó entre 3500 y 4400 msnm. Siguiendo el modelo de un tubo de órgano con sus extremos cerrados, se propone un modelo conceptual para los conductos más superficiales del volcán. De acuerdo con las frecuencias del tremor y su localización, se calcularon longitudes de conductos de 844, 500, 350, 250 metros. La longitud del conducto de 844 m se ubicó sobre los 3100 msnm, después el conducto de 500 m a una altura de 3750 msnm, con una zona de transición de los dos ductos entre los 3750 y 4000 msnm. Por arriba del conducto de 500 m se ubicaron los conductos de 350 y 250 m. La ocurrencia de esta señal sísmica indicó una tasa de emisión de magma alta, así como el crecimiento de un nuevo domo de lava aproximadamente de $19 \times 10^6 \text{ m}^3$, por lo que los escenarios en cuanto a la actividad futura sugerían una erupción de mayor magnitud en los siguientes días. Esta erupción ocurrió los días 18 y 19 de diciembre, así como el evento más explosivo en la historia actual del volcán, el 22 de enero del 2001. Es por esta razón que el reconocimiento de estas señales puede ser considerado como precursor de actividades eruptivas explosivas en el volcán Popocatepetl.

VOLG-35

SISMICIDAD EN LA REGIÓN DEL VOLCÁN TACANÁ, CHIAPAS, DURANTE SEPTIEMBRE DE 1997 Y SU EVALUACIÓN EN EL RIESGO VOLCÁNICO

López César H.¹, Valdés Carlos G.² y Ramos Silvia H.³¹ CENAPRED

E-mail: enjambre@cenapred.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM³ Monitoreo Volcánico y Sismológico, Gobierno del Estado de Chiapas

El volcán Tacaná se encuentra como punto límite entre México y Guatemala, al sureste del estado de Chiapas. Durante la primera mitad de 1986 se observó una actividad creciente en éste volcán que culminó con una explosión freática el 8 de mayo de ese mismo año, a razón de ello, autoridades del gobierno de Chiapas, investigadores de la UNAM y personal de INHSIVUME (Guatemala) comenzaron estudios geológicos para la evaluación del riesgo que presentan poblaciones aledañas al volcán. Alrededor de 400 000 habitantes tanto del lado de Guatemala como de México viven cerca del volcán y ciudades de 250 000 hab. como es el caso de la ciudad de Tapachula se encuentra aproximadamente a 60 Km de este.

El objetivo de este trabajo es evaluar el estado del volcán Tacaná para el periodo del 11 al 23 de septiembre de 1997 mediante una red sísmica instalada cerca del Tacaná en ese mismo año; ya que desde el evento explosivo de 1986 a éste volcán se le considera activo, potencialmente peligroso y muy poco estudiado.

Como resultado, no se encontraron señales que indiquen alguna actividad sísmica para ese periodo relacionados al volcán como son eventos de exhalación, tremor ó eventos LP's (Long Period). No obstante, se reconocieron eventos volcano-tectónicos (VT) aislados que fueron localizados a distancias menores a 3 km de la cima principal del volcán con profundidades menores a 5 km, concluyendo que el Tacaná se encuentra en un estado latente. Por ello se reconoce la necesidad de un monitoreo constante y multidisciplinario de este volcán.

Además, se reconocieron una gran cantidad de eventos sísmicos ajenos al volcán debido a la tectónica regional, tanto de la zona de subducción como de las fallas transformantes, así como fallas y fracturamientos someros de la región, tan solo en los 13 días del periodo de observación en un radio de 100 km del volcán Tacaná se reconocieron 293 eventos sísmicos y se localizaron cuidadosamente 46 eventos (con el algoritmo HYPOCENTER, un modelo cortical de velocidades propuesto y $RMS \leq 3\%$, ERH , $ERZ \leq 1$ Km). Resulta ser una región muy activa, con riesgo sísmico potencial y por tanto se sugiere la necesidad de tener una red sísmica propia y una revisión a los reglamentos de construcción en el estado de Chiapas.

VOLG-36

PROPIEDADES GENERALES DE LOS ENJAMBRES DE SISMOS VOLCANO-TECTÓNICOS

Vyacheslav M. Zobin

Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima

E-mail: vzobin@cgic.ucol.mx

Las propiedades generales de los enjambres de sismos volcano-tectónicos (variación temporal y distribución espacial de sismos, sismicidad post-eruptiva, duración de actividad sísmica antes de la erupción y la posición del evento volcánico dentro del enjambre sísmico) se analizan con base en los enjambres de sismos relacionados con 31 erupciones de 16 volcanes del mundo. El análisis fue realizado para la base de datos completa y para muestras de datos de los volcanes basálticos, andesíticos y dacíticos, respectivamente.

VOLG-37

LA ACTIVIDAD SÍSMICA ASOCIADA A LA ERUPCIÓN DE NOVIEMBRE DE 1998 DEL VOLCÁN DE FUEGO COLIMA, MÉXICO

Araceli Zamora-Camacho, Juan Manuel Espíndola Castro,

Gabriel Reyes-Dávila y Zenón Jiménez-Jiménez

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

E-mail: zaraceli@yahoo.com.mx

Jiménez *et al.* (1995) analizaron la actividad sísmica del evento eruptivo del 4 de julio de 1994 del volcán de Colima, encontraron que los epicentros tienen un rango de profundidad de 3-6 km.

Domínguez *et al.* (2001), estudiaron la actividad sísmica del volcán en el período 16 de junio al 6 de julio de 1998, encontraron 2 enjambres de temblores, el primero ocurre del 16 de junio al 3 de julio y el segundo del 4 al 6 de julio, los epicentros se localizaron arriba de los 7km.

En este trabajo analizamos la evolución de la actividad sísmica en el periodo de 20 de marzo de 1998 al 28 de febrero de 1999 en el cual ocurrió la erupción del 18 de noviembre de 1998, se presentan los eventos en términos de la energía disipada por unidad de volumen bajo el edificio volcánico, así como los hipocentros de los eventos de mayor magnitud. Finalmente presentamos los resultados del análisis de correlación entre sismos que muestran la ocurrencia de familias de temblores.

VOLG-38

ANÁLISIS DE LOS TREMORES DE ABRIL-MAYO 2002 EN EL VOLCÁN DE FUEGO DE COLIMA, MÉXICO

Domínguez Tonatiuh, Ochoa Llamas Guillermo y Navarro Carlos
Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima
E-mail: tonatiuh@cgic.ucol.mx
Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Colima

Después de menos de 1 año de calma (la última explosión del periodo de actividad volcánica 1998-2001 ocurrió en febrero de 2001). Un nuevo periodo de extrusión se ha estado llevando a cabo por más de 10 meses. A diferencia de las erupciones de la década pasada, ésta se ha caracterizado por una ausencia de actividad sísmica durante el periodo de ascenso del magma hasta la cima y la formación de un domo que abarca la totalidad del área del cráter por lo que la generación de flujos de lava y piroclásticos se dan por diferentes flancos del volcán. Otra diferencia notable es la ocurrencia de tremores de regular amplitud durante los meses de abril y mayo de 2002 que no se habían observado anteriormente en ningún registro de la red RESCO. Actualmente la actividad se puede describir como un crecimiento continuo de los frentes de lava a una tasa de velocidad bastante baja ($0.1-0.4 \text{ m}^3/\text{seg}$) con ocasionales explosiones de baja magnitud observadas claramente durante las noches como incandesencias súbitas en la cima.

La aparición tan inusual de estos tremores, motivó la preocupación del comité científico debido a que se adjudicaron a la presencia de un magma de composición diferente a los observados anteriormente y que podría estar localizado a la altura de las estaciones de inclinometría (de 800 a 1500 m debajo de la cima). De confirmarse esta hipótesis, se presentaba la posibilidad de una erupción de gran magnitud que afectaría a las poblaciones aledañas al volcán durante los siguientes días posteriores a la aparición de los tremores. Debido a esta posibilidad, las autoridades tomaron la decisión de evacuar de manera preventiva la población de la Yerbabuena, Col.

Mediante un análisis de movimiento de partícula para 3 bandas diferentes de frecuencia de los registros de una estación de banda ancha localizada al sur de volcán, se pretendió ubicar el origen de estos tremores. Se presentan los resultados de éste análisis, así como la relación con otros parámetros geofísicos.

VOLG-39

LOCALIZACIÓN PRELIMINAR DE EXPLOSIONES SOMERAS, EN EL VOLCÁN DE COLIMA, MÉXICO

Domínguez Tonatiuh, González Pablo, Alatorre Eliseo, Navarro Carlos, Reyes Gabriel y Bretón Mauricio
Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima
E-mail: tonatiuh@cgic.ucol.mx
Depto. de Geología, Universidad de Granada

Durante los últimos meses de la presente actividad que se inició en mayo de 2001, se han observado pequeñas explosiones que se registran tanto en las estaciones sísmicas cercanas al volcán como en la cámara de video ubicada en instalaciones de la Universidad al sur del mismo.

Resultado de la comparación de las imágenes, con los sismogramas de estos eventos, se pudo constatar que la expresión superficial de los eventos explosivos y su registro sísmico, poseen un desfase temporal variable. De ahí nace la inquietud de cuantificar la zona de generación de este proceso físico y dinámico, en el que la presión del gas contenido en las burbujas, supera la presión confinante del magma, que tiene expresión visual y sísmica.

El análisis las señales sísmicas (espectral y de movimiento de partícula), reveló que los registros observados se componen de una onda interna y otra superficial, además para estaciones cercanas también se observa una onda de choque.

Un estudio de los tiempos de llegada y velocidades de grupo, nos dio como resultado un modelo estructural de velocidades de 2 capas para la región más próxima al volcán que satisfacía nuestras observaciones. Se construyó un diagrama de Wadati para la onda interna y superficial y se añadió una corrección pequeña, para obtener el tiempo origen. Con este modelo se implementó un programa simple de localización usando estos dos tipos de ondas.

Por otro lado, Se observó una ligera correlación entre la ocurrencia de las explosiones con la duración de tremor volcánico que se produjo durante los meses de abril, mayo y principios de junio de 2002.

La localización de la fuente de las explosiones someras es una herramienta de vigilancia más que podría añadirse a la que actualmente se llevan a cabo en Colima, pues variaciones temporales o espaciales de estas fuentes podrían informar de cambios físicos en el comportamiento del volcán.

VOLG-40

DESCRIPCIÓN DE LA SISMICIDAD ASOCIADA AL ACTUAL PROCESO ERUPTIVO DEL VOLCÁN DE FUEGO

Gabriel A. Reyes-Dávila, Francisco Núñez-Cornú, Carlos A. Ramírez-Vázquez y Carlos Suárez P.
 RESCO, CUEIV, Universidad de Colima
 E-mail: gerd@cgic.ucol.mx
 SisVOC, Universidad de Guadalajara

Durante el 2001 la actividad del Volcán de Colima regresó prácticamente a su nivel base previo al inicio de la actividad de 1997. Sin embargo, durante los primeros meses del año 2001 diversos investigadores reportaron la presencia de importantes cambios morfológicos en el interior del cráter formado durante la etapa explosiva de febrero de 1999 a febrero del 2001. Es hasta octubre del 2001 cuando por primera vez se registra una manifestación sísmica del proceso en desarrollo. Durante dicho mes fue imposible observar el volcán debido a la típica nubosidad de la temporada de lluvia pero hacia finales del mismo se observó por primera vez la presencia de una extrusión en forma de espina. No obstante que la sismicidad decreció en tamaño y número, la continua observación visual del interior del cráter, mediante vuelos en helicóptero, permitió dar seguimiento al proceso. Prácticamente en forma asísmica el cráter mencionado fue rellenado nuevamente por material extruído formandose nuevamente el típico domo de lava de extrusión en el Colima. A principios de febrero el material alcanza los bordes del cráter y empieza a derramarse el material por los costados del volcán formándose nuevamente frentes de lava, principalmente en el sector sur-oeste manteniendose prácticamente constante la razón de extrusión. Sin embargo, a partir de los primeros días de abril empieza a registrarse en forma esporádica tremor armónico el cual empieza a incrementarse gradualmente tanto en duración, amplitud y contenido espectral. La anterior situación motivó una evacuación preventiva de las poblaciones cercanas al volcán. Sin embargo, hacia finales de mayo la actividad sísmica en general manifiesta una reducción importante, prácticamente en forma de escalón y posteriormente disminuyó lentamente hasta llegar a un mínimo hacia finales del mes de junio, para a partir del mes de julio incrementarse nuevamente manteniendose en niveles estables hasta el presente. Durante todo el proceso han estado presentes eventos del tipo de explosión de bajo nivel.

Se presentará a detalle lo mencionado arriba.

CARTELES

VOLG-41 CARTEL

ESTUDIO VOLCANOLÓGICO PRELIMINAR DEL DEPÓSITO DE CAÍDA LA PÓMEZ TOLUCA INFERIOR, VOLCÁN NEVADO DE TOLUCA

Carreras L.¹, Capra L.¹ y Arce J.L.²

¹ Instituto de Geografía, UNAM

E-mail: solari@servidor.unam.mx

² Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

El Nevado de Toluca es un estrato volcán activo, de composición andesítico-dacítica, que inició su actividad aproximadamente hace 2,6 m.a. (Plioceno tardío-Holoceno). Actualmente se encuentra en estado de quietud. En los últimos 42.000 años el volcán ha experimentado cinco eventos destructivos de domo y cuatro erupciones plinianas. En particular, la erupción pliniana ocurrida hace 24.500 años AP dio lugar al depósito de caída conocido como la "Pómez Toluca Inferior" que alcanzó áreas en donde actualmente se encuentran edificadas poblaciones como Toluca. En el trabajo que se está desarrollando sobre este depósito se analizan con detalle las propiedades texturales y sedimentológicas del depósito de caída así como sus características petrográficas y geoquímicas. En base a los resultados obtenidos se pretende reconstruir el escenario eruptivo que dio origen al depósito así como las condiciones pre-eruptivas en la cámara magmática, la dinámica eruptiva, la altura de columna, la dirección de dispersión de los piroclastos y su deposición final.

Hasta la fecha se ha logrado establecer que el depósito está constituido por siete horizontes, de los cuales cinco corresponden a depósitos de caída de piroclastos y dos a depósitos de oleadas piroclásticas. El espesor máximo encontrado hasta el momento es de 85 cm a una distancia de 15 km. desde el cráter, en la localidad de Zacango. Generalmente, los horizontes de caída están bien clasificados, con moda en f 0, y están constituidos, en orden de abundancia, por: pómez, líticos juveniles, líticos accidentales, cristales y vidrio. Los componentes distintivos de este depósito son los fragmentos de pizarras que constituyen parte del basamento sobre el cual se encuentra edificado el volcán.

Dependiendo de la distribución del depósito de caída y de la altura de la columna se podrá hacer una zonificación del peligro para las zonas aledañas al volcán Nevado de Toluca en el caso que se repitiera una actividad pliniana con las mismas características de hace 24.500 años AP y estimar el posible efecto de la dispersión de las partículas en la atmósfera y su consecuente efecto sobre el clima.

VOLG-42 CARTEL

LA ERUPCIÓN DE HACE 13000 AÑOS DEL VOLCÁN
NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO

Sarocchi D., D'Antonio M., Capra L. y Macías V.J.L.
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: escarcha@libero.it

Desde hace aproximadamente 42000 años el volcán Nevado de Toluca ha sido caracterizado por un estilo eruptivo de tipo explosivo con el colapso parcial de domos dacíticos que originó flujos de bloques y ceniza. Este tipo de actividad se ha repetido por lo menos en cinco ocasiones, hace 37000, 32000, 28000, 26000 y 13000 (Palomo *et al.*, 2002).

El propósito de este trabajo es el estudio petrográfico, geoquímico y sedimentológico de los productos de la erupción de 13000 años.

Estos depósitos son fácilmente identificables por sus relaciones estratigráficas claras entre la "Lower Toluca Pomice" de 24,500 años de edad y la "Upper Toluca Pomice" de 10,500 años de edad. En los afloramientos en donde no están presentes estos dos horizontes de caída su identificación es mas complicada por su similitud con los flujos de bloques y ceniza mas antiguos.

Estos depósitos no tienen todavía una edad precisa, debido a que no se ha encontrado hasta la fecha carbón dentro los mismos; fechamientos de un deposito lacustre por encima (Caballero *et al.*, 2000) y de un paleosuelo debajo de los depósitos (Palomo *et al.*, 2002) lo colocan en una edad comprendida entre 13,870 y 13,160 años.

Generalmente los depósitos están constituidos por tres unidades principales, con en la base un deposito de oleada piroclástica cubierto por dos distintas unidades de flujos de bloques y ceniza con un espesor total hasta 5 m. El horizonte basal está constituido por material de granulometría de la arena, con un espesor máximo de 40 cm y una distribución casi radial alrededor del cráter. Los dos depósitos de bloques y ceniza son normalmente masivos con bloques (líticos juveniles y accidentales) hasta 50 cm de diámetros y pómez centimétricas en una matriz arenosa. El espesor máximo de cada unidad es de hasta 2,5 m en las barrancas principales que se encuentran en el sector NE del volcán.

Los componentes juveniles del deposito presentan una composición dacítica con afinidad calciocalina. El análisis petrográfico indica que los líticos están constituidos por una textura porfírica seriada y contienen en orden de abundancia plagioclasas, anfíboles en desequilibrio con bordes oxidados, ortopiroxenos, óxidos y biotita en una matriz de fondo microcristalina.

VOLG-43 CARTEL

HYDROGEOLOGIC MODEL OF THE GEOTHERMAL
RESERVOIRS FROM LOS HUMEROS, PUEBLA, MEXICO

Fidel Cedillo Rodríguez
Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Residencia Los
Humeros, CFE
E-mail: fidel.cedillo@cfe.gob.mx

Petrological and geochemical studies of water and gases and reservoir engineering from geothermal wells, show two geothermal reservoirs. This is confirmed by petrographic and structural correlations and the conditions of the casing in the productions intervals in the geothermal wells. The upper reservoir in andesites with augite has neutral pH and is non-corrosive. The lower reservoir in basalts and andesites with hornblende has very high temperatures and an acid pH. They are separated by a layer of vitric tuffs (the Toba Humeros). Differences in elevations between potentiometrics levels in the wells do not allow the direction of the flow of the deep geothermal fluids to be inferred.

Lithological, hydrogeochemical and piezometric results from the gradient wells drilled inside the Caldera of Los Humeros, also show two superficial zones of ground water one relatively cold and the other hotter. Due to the distance between these wells and their geologic environment, neither zone (cold or warm) can be used to infer the direction of the fluid flow.

Regional studies of hydrology, geophysics, hydrogeochemistry and structural geology, confirm that the shallow ground waters (cold and warm) do not have hydraulic connection with the deep wells, water wells or springs around Los Humeros. Therefore, the recharge of the shallow waters (cold and warm), occurs inside the closed basin of the caldera of Los Humeros, delimited by topography. Those ground waters recharge the geothermal fluids through faults and fractures inside the limits of collapse of Los Humeros.

The regional geological-structural sections supported by evidence of the lithology from geothermal wells, show that the outcrops of granitic rocks and clay limestones appear at the level of geothermal reservoirs, obstructing the regional lateral recharge. The annular faults of the collapse Los Humeros and Los Potreros form impermeable barriers to the lateral fluids. The supply to the geothermal reservoirs is produced only inside the limits of the Los Humeros, Caldera.

VOLG-44 CARTEL

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE UN MODELO DE COLUMNA ERUPTIVA VOLCÁNICA POR DIFERENCIACIÓN AUTOMÁTICA

Isabelle Charpentier¹ y Juan Manuel Espíndola²¹ Laboratoire de Modelisation et Calcul, Rue des Mathematiques, Grenoble, France

E-mail: jmec@servidor.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

El análisis de sensibilidad de un modelo numérico con variables diferenciables requiere de la evaluación de derivadas parciales en las variables analizadas. En este trabajo se describe el empleo del software Odyssée para la obtención automática de derivadas parciales de cualquier orden en códigos programados en Fortran 77. El uso de este software se demuestra empleando la solución por el método de Runge-Kutta del modelo de columna volcánica desarrollado por Woods (1988, Bull. Vol., 50, 169-193). Este método modela la columna por medio de las ecuaciones de conservación de masa, cantidad de movimiento y energía para una columna unidimensional y en estado estacionario. El análisis de sensibilidad permite evaluar de una manera sistemática y completa el comportamiento del modelo a perturbaciones en los valores de frontera de las variables y parámetros del modelo. Se observa que el modelo depende fuertemente de estos cambios en la región basal o de empuje y débilmente en la región de flotación.

Entre las variables que más fuertemente afectan la altura de la columna eruptiva se encuentran el radio en el cráter y el contenido de gases magmáticos.

Los parámetros que más afectan la columna son la constante de los gases y el calor específico efectivo de los materiales en la columna.

La evaluación de derivadas es también necesario para los esquemas de inversión por lo que los métodos automáticos encuentran gran aplicación en geofísica y particularmente en volcanología.

VOLG-45 CARTEL

PROGRAMA PARA LOCALIZACIÓN PRELIMINAR DE EXPLOSIONES SOMERAS, EN EL VOLCÁN DE COLIMA, MÉXICO

Eliseo Alatorre Chavez, Pablo J. Gonzalez Mendez, Tonatiuh Dominguez, Carlos Navarro y Mauricio Bretón
Observatorio Volcanológico, Universidad de Colima
E-mail: eliseo@cgc.ucol.mx

Depto. de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada

El volcán de Fuego de Colima (19.51°N, 103.61°W) se ha considerado históricamente como el volcán más activo de México, localizado en el extremo occidental del Cinturón Volcánico Trans Mexicano, este estratovolcán tiene una

actividad andesítica: erupciones explosivas de tipo sub-pliniano, con generación de flujos piroclásticos y depósitos de caída, y erupciones efusivas que generan domos y flujos de lava en bloques. Como muestra de ello, es la reciente erupción que viene produciéndose desde mayo de 2001, con la generación de un domo y pequeños flujos de lava en la cima.

Como resultado de la comparación de las imágenes de la red de monitoreo visual, y el registro de eventos de explosión de baja magnitud en la Red Sísmica del Estado de Colima (RESCO), se pudo constatar que la expresión superficial de los eventos explosivos y su registro sísmico, poseían un desfase temporal variable. De ahí nace la idea de cuantificar la zona de generación de este proceso físico, en el que la presión del gas contenido en las burbujas, supera la presión confinante del magma, que tiene expresión visual y sísmica.

El análisis las señales sísmicas (espectral y de movimiento de partícula), reveló que los registros observados se componen de una onda interna y otra superficial, además para estaciones cercanas también se observa una onda de choque.

Un estudio de los tiempos de llegada y velocidades de grupo, nos dio como resultado un modelo estructural de velocidades multicapas para la región más próxima al volcán, que satisfacía nuestras observaciones. Se construyó un diagrama de Wadati para la onda interna y superficial y se añadió una corrección pequeña, para obtener el tiempo origen. Con este modelo se implementó un programa simple de localización usando estos dos tipos de ondas.

Por otro lado, se observó una ligera correlación entre la ocurrencia de las explosiones con la duración de temblor volcánico que se produjo durante los meses de abril, mayo y principios de junio de 2002.

La localización de la fuente de las explosiones someras es una herramienta de vigilancia más, que podría añadirse a la que actualmente se llevan a cabo en Colima, pues variaciones temporales o espaciales de estas fuentes podrían informar de cambios físicos en el comportamiento del volcán.

VOLG-46 CARTEL

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS DEPÓSITOS DE FLUJOS PIROCLÁSTICOS DE LA ERUPCIÓN DE 1913 DEL VOLCÁN DE COLIMA

Imelda Plascencia Manzo
Facultad de Ciencias, Universidad de Colima, Colima
E-mail: chimely22@hotmail.com

Realizamos un análisis granulométrico de las tres muestras de los depósitos de flujos piroclásticos de la erupción de 1913 del volcán de Colima. El análisis fue realizado por medio de tamices. Los resultados que obtuvimos los representamos gráficamente por medio de histogramas, curvas de frecuencia y curvas acumulativas. Los tamaños promedios de los depósitos

de flujos piroclásticos están dentro de valores de 0.4 a 3 mm. Estos valores de los granos de flujos corresponden a las erupciones tipo vulcaniano.

VOLG-47 CARTEL

DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES QUÍMICAS E ISOTÓPICAS EN EL YACIMIENTO DE LOS HUMEROS, MÉXICO

R.M. Barragán, V.M. Arellano, D. Nieva, A. García y E.

Portugal

Gerencia de Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas,
Cuernavaca, Mor.

E-mail: rmb@iie.org.mx

El análisis de datos de composición química e isotópica (oxígeno-18 y deuterio) de fluidos de pozos del campo geotérmico de Los Humeros, colectados en una etapa temprana de desarrollo del campo, evidenció la ocurrencia de un proceso de ebullición con separación de vapor en el yacimiento y condensación parcial de vapor fluyendo en contracorriente. La composición química e isotópica de la descarga total de los pozos se corrigió para obtener la composición de la fase líquida del yacimiento (real o hipotética) utilizando datos de fase gaseosa para estimar tanto la temperatura del yacimiento como el exceso de vapor presente en la descarga total. Los valores obtenidos se relacionaron con la profundidad de los estratos productores de los pozos para generar los perfiles de composición que incluyen oxígeno-18, deuterio y dióxido de carbono. Entre los resultados se destaca la producción de condensado en pozos localizados en el Colapso Central (H-16R) de acuerdo a su composición isotópica y a su elevada concentración de dióxido de carbono. Por el contrario, el pozo H-1R localizado en el Corredor de Maztloya a una profundidad semejante al pozo H-16R; produce fase líquida de tipo bicarbonatado y parcialmente equilibrada. Se observó que dependiendo de las características de producción de los pozos éstos producen una mezcla de fluidos. Si la presión de cabezal es alta, se favorece la producción del vapor profundo y viceversa. Los patrones de comportamiento geoquímico obtenidos apoyan el modelo conceptual basado en ingeniería de yacimientos.

VOLG-48 CARTEL

GEOLOGÍA DE LOS LÍMITES ENTRE LA FAJA VOLCÁNICA TRANS-MEXICANA Y LA SIERRA MADRE DEL SUR (BLOQUE MICHOACÁN)

José Rosas-Elguera¹, Carrasco-Núñez Gerardo², López-Martínez Margarita³ y Salinas-Prieto J. Carlos⁴

¹ Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad de Guadalajara
E-mail: jrosas@ccip.udg.mx

² Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

³ Depto. de Geología, CICESE

⁴ Consejo de Recursos Minerales

Se presenta la cartografía geológica a escala 1:250,000 de los límites entre la Sierra Madre del Sur (SMS) y la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM). Esta cartografía,

desarrollada en los últimos 2 años, está soportada por 13 edades isotópicas realizadas por nosotros y aun no publicadas adicionales a la reportadas en la literatura. Estos datos formarán parte de un proyecto integral mayor (UNAM-UdG) cuyo propósito es presentar la cartografía geológica de la FVTM en un Sistema de Información Geográfica para su análisis interactivo y constante actualización. La cartografía cubre el área entre las latitudes 18.75° y 20° y las longitudes 101.75° y 103°.

De lo mas antiguo a lo mas joven, el mapa geológico que presentamos incluye cuatro "provincias" principales: Ignimbritas de la SMS, Intrusivos Uruapan del Oligoceno, un vulcanismo equivalente a la Sierra Madre Occidental (SMO) y la FVTM. Las ignimbritas de la SMS, localizadas al sur del área, son de composición riolítica y están plegadas, los fechamientos por ⁴⁰Ar-³⁹Ar están en progreso. Los intrusivos se localizan principalmente en la parte oriental del área y son cuerpos granitoides de 32 Ma.

Las rocas relacionadas, en edad, con la SMO tienen un intervalo cronológico de 27 a 31 Ma. En nuestro trabajo de campo distinguimos dos unidades volcánicas (no distinguidas en el mapa). La mas antigua tiene ~300 m de espesor de color rojizo donde la matriz arenosa soporta fragmentos andesíticos. La base de esta unidad está fechada en 31 Ma por ⁴⁰Ar-³⁹Ar y está ligeramente basculada (< 10°N) y tiene intercalada una unidad andesítica de 29 Ma (edad de K-Ar). Esta sucesión es cubierta de manera discordante por una toba amarillenta medianamente soldada de ~100 m de espesor de 26.6 Ma (edad de ⁴⁰Ar-³⁹Ar).

Con base en cuatro los fechamientos por K-Ar y ⁴⁰Ar-³⁹Ar por vez primera documentamos el vulcanismo del Mioceno Tardío de la FVTM en la parte norte del bloque Michoacán. Se trata de extensas mesetas basálticas localizadas en la esquina NW de la zona. Aquí el intervalo de edades es de 7.6 a 9.2 Ma que es consistente con los basaltos miocénicos documentados en la parte norte de la FVTM donde el intervalo está entre 8 y 11 Ma. Estos basaltos tienen intercalada una secuencia vulcano-sedimentaria de 50 m de espesor. La unidad siguiente de la FVTM es el vulcanismo Plio-Cuaternario del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CMG). Aquí se distinguen el sector norte y sur del CVMG. En el sector norte las edades varían de 2.4 a 3.8 Ma en tanto que en el sector sur el vulcanismo menor o igual a 0.56 Ma es el dominante. El sector sur del CVMG está formado por el Grupo Tancítaro y el grupo Apatzingán. El grupo Tancítaro está integrado por el volcán Tancítaro, al menos una avalancha y tres lahares, en base a seis edades K-Ar el intervalo cronológico de este grupo está entre 0.56 Ma y 0.25 Ma. El grupo Apatzingán está formado por 110 conos cineríticos que sobreyacen al Grupo Tancítaro con derrames basálticos asociados, alineados de manera preferencial en dirección NE.

VOLG-49 CARTEL

MODELACION DE DEFORMACIONES EN LOS VOLCANES DE FUEGO DE COLIMA Y POPOCATEPETL MÉXICO

Gómez-Vázquez Angel, Jiménez Romano Gerardo¹ y De la Cruz-Reyna Servando²

¹ Centro Nacional de Prevención de Desastres

E-mail: gvazquez@cenapred.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

El Volcán de Fuego de Colima se encuentra ubicado en el margen occidental del eje neovolcánico mexicano y es uno de los más activos de México. Desde 1992 se realizan mediciones EDM y de nivelación en el flanco norte de este volcán. Algunas de estas mediciones han sido correlacionadas con la actividad eruptiva. Se observó previa a la actividad de noviembre de 1998 una deformación de -1.5cm, sin embargo en puntos que se localizaron cerca de la cima, se observaron cambios de hasta -17 cm. (El signo negativo significa un acortamiento de la distancia medida). Estos cambios se asociaron a la construcción de un domo de lava que se emplazó días después de esta observación. En noviembre de 2001 se realizó una nueva medición y se detectaron cambios que oscilan entre -0.9cm y -3.2cm en la red del flanco norte. Se aplicó el modelo de Mogi en una primera fase y se obtuvo que la profundidad de la fuente, que origina estas deformaciones se encontraba probablemente entre 1500m y 2500m bajo la cima. La actividad del volcán en los meses posteriores a noviembre del año 2001 evolucionó hacia el crecimiento del domo emplazado en la cima. El volumen de este domo es similar al de la fuente que generó las deformaciones de noviembre de 2001. El volumen que se menciona correspondería, en caso de ser desalojado en un solo evento eruptivo, a un VEI 2.

VOLCAN POPOCATÉPETL

Paralelamente al incremento en la actividad de 1994, se instalaron redes geodésicas alrededor del volcán para detectar deformaciones de su estructura. Las máximas deformaciones medidas entre enero de 1996 y marzo de 1998 fueron en el orden de 3cm y de carácter reversible. La geometría de la fuente que generó estas deformaciones probablemente es de forma cilíndrica. Con el modelo de Mogi simulamos la fuente de deformación al sumar una serie de fuentes esféricas. Los parámetros del modelo fueron radio de 150m, y presión de 100 Mpa. Las deformaciones esperadas con el modelo se correlacionan razonablemente con las deformaciones observadas.

VOLG-50 CARTEL

UNA VISIÓN RETROSPECTIVA SOBRE LOS SISTEMAS CEMENTANTES

Alfonso Aragón A., Alfonso García G. y Sócrates Santoyo G.
Gerencia de Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas
E-mail: aaragon@iie.org.mx

En los yacimientos geotérmicos, la temperatura es el parámetro de desequilibrio en muchos de las propiedades de tales sistemas. De esta manera, desde el inicio de la vida de un pozo, durante la etapa de perforación, resulta recomendable controlar las propiedades tanto de fluidos de perforación, como de los sistemas cementantes.

Resulta importante controlar las propiedades reológicas de los fluidos que se utilizan, con el objeto de mantener constantemente dominio sobre las presiones del yacimiento y evitar cualquier posible descontrol del pozo a causa de las irrupciones anormales de la presión que se puedan presentar en cualquiera de sus estratos. La variación en el volumen de lodo es un parámetro dominante en la perforación, el cual, interviene en el cálculo de los volúmenes para mantener el control del pozo durante la perforación.

Investigaciones sobre diversos análisis de mediciones de temperaturas durante la perforación, concluyen que el calentamiento del lodo es el factor principal de grandes variaciones en la presión efectiva de fondo del pozo en pozos del mar del norte. Lo anterior debido a que la variación en la presión de fondo es provocada principalmente por la expansión del lodo dentro del pozo. Adicionalmente se debe tomar en consideración que el fluido de perforación es la causa principal del daño a la formación y por consecuencia la disminución en la capacidad de producción o de inyección del pozo.

En relación con los materiales cementantes, el análisis de su comportamiento bajo diferentes condiciones de temperatura es importante por los esfuerzos a que se somete en un pozo geotérmico y su normal degradación a lo largo de su vida operativa. Los cementos permiten aislar el pozo de cada uno de los acuíferos que sobreyacen al yacimiento, evitando la introducción de aguas de menor temperatura que puedan alterar las condiciones de explotación. Por otra parte, junto con las tuberías de revestimiento y conducción dentro del pozo, una cementación efectiva resulta útil en el transporte seguro de los fluidos del yacimiento hasta la superficie. Es por esta razón que es necesario conocer confiablemente el comportamiento de los cementos bajo diferentes condiciones térmicas.

Se presentan resultados de los comportamientos de muestras de seis sistemas cementantes, sometidos a pruebas de conductividad térmica (K), difusividad térmica (a) y capacidad de calor específico (Cp). Las determinaciones se efectuaron dentro de rangos de temperatura entre 28 y 220°C. La combinación de comportamientos observados y resultados obtenidos conduce a concluir que éstos dependen básicamente de la formulación de las mezclas cementantes.

VOLG-51 CARTEL

VARIACIONES EN LOS MANANTIALES Y SU RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Mendiola-López I.F., Martín-Del Pozzo A.L., Sáenz-Ambríz H.,
Aguayo-Ríos A. y Fonseca-Alvarez R.
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: fabiolam@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

El estudio de la composición de los productos volcánicos constituye una herramienta para obtener información referente a la actividad volcánica. La interacción de un sistema magmático con el agua subterránea puede proporcionar datos sobre la relación agua-roca-gas volcánico e indicar variaciones en las fases eruptivas. Algunos componentes químicos del agua asociados a la actividad magmática aumentan durante el ascenso del magma.

El agua de los manantiales aledaños al volcán Popocatepetl presentan pequeñas variaciones en el pH asociada a la actividad volcánica. Aumentos en concentraciones de SO_4 , Cl, F, HCO_3 , B y SO_4/Cl , antes de una erupción pueden estar ligadas a la entrada de gases magmáticos y fluidos ácidos que reaccionan con los sublimados, roca encajonante y aguas subterráneas.

Se presentan los resultados del análisis de las muestras de agua colectada en el 2002 en los manantiales aledaños al volcán Popocatepetl. Este muestreo se ha realizado de forma periódica mensual, para detectar los principales cambios ligados a la actividad magmática.

Las temperaturas de los manantiales varían entre 8° y 37° , con rangos de pH entre 6.0 y 6.9. El agua se clasifica como bicarbonatada alcalina. En algunos de los manantiales se presentaron pequeñas concentraciones de Boro y se observó un aumento en HCO_3 antes de la formación de domos, lo que se considera asociado a los gases que acompañan el ascenso de magma. También se detectó un aumento en la concentración de SO_4 asociado a la actividad magmática.

VOLG-52 CARTEL

MONITOREO GEOFÍSICO DE LA EVOLUCIÓN DEL CUERPO DOMICO 2000-2002 DEL VOLCÁN DE FUEGO DE COLIMA

Juan José Ramírez Ruiz y Mauricio Breton Gonzalez
Observatorio Volcanológico, Universidad de Colima
E-mail: ramirez@cgic.ucol.mx

LA EVOLUCIÓN DEL CUERPO DOMICO DEL 2000-2002 FUE CARACTERIZADO POR UN INCREMENTO EN LA SISMICIDAD, LA DEFORMACIÓN Y LA EMISIÓN DE BIOXIDO DE AZUFRE, ASÍ COMO UN SEGUIMIENTO VISUAL. EN ESTE TRABAJO SE PRESENTA UN SEGUIMIENTO DE TODOS LOS PARÁMETROS DE MONITOREO REALIZADOS EN EL OBSERVATORIO

VOLCANOLÓGICO PARA DETERMINAR LA EVOLUCIÓN DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN EL VOLCÁN DE FUEGO DURANTE EL PERÍODO 2000-2002.

VOLG-53 CARTEL

ESTUDIO PRELIMINAR DE MANANTIALES TERMALES EN LA COSTA PACÍFICA DEL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO. IMPLICACIONES PARA LA "HIDRO-SISMOLOGÍA"

A.H. Ramírez-Guzmán^{1,2}, Y. Taran³ y M.A. Armienta³

¹ Posgrado, Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: halessandro@hotmail.com

² Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero

³ Instituto de Geofísica, UNAM

La costa de Pacífico del Estado de Guerrero es una área de alta sismicidad permanente controlada por la subducción de la placa de Cocos bajo la Placa de Norteamérica. El llamado Gap sísmico de Guerrero se extiende de aproximadamente 99°W a 102°W . Desde el terremoto de 1957, sólo dos eventos con $M > 7$ han ocurrido en 1962, cerca del Puerto de Acapulco; sin embargo, esta área se caracteriza por los eventos sísmicos frecuentes con $M < 4$. La geología del área está representada por rocas metamórficas de alto grado constituidas de ortogneis de migmatitas y plutones graníticos paralelos a la costa, de edad Cretácico Tardío-Terciario Temprano. Una complicada y todavía no bien definida red de fallas profundas controla la localización de grupos de manantiales dentro del área del Gap de Guerrero. Los manantiales El Tamarindo, El Cocaoyul, Dos Arroyos y Paso Real, pueden utilizarse como una red "hidro-sísmica" para el estudio hidrogeoquímico de aguas de circulación profunda relacionados con sismicidad y las deformaciones tectónicas lentas en el área.

Todas las descargas de los manantiales presentan temperatura de $\sim 40^\circ\text{C}$, baja salinidad del orden de $\text{SDT} < 1\text{g/L}$ y pHs alcalinos hasta ~ 9.8 . Las aguas de tipo $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ enriquecidas en F^- (11 mg/L) presentan contenidos significativos de gas enriquecidas en N_2 (85-98 vol%), contenidos relativamente altos de CH_4 (1-15 vol%) y concentraciones altas de He (por arriba de 0.08 vol%), las bajas proporciones $^3\text{He}/^4\text{He}$ ($< 0.2\text{Ra}$, donde Ra es proporción atmosférica de 1.4×10^{-6}). Este valor de la relación del He isotópico junto con la proporción de He/Ne de 40-50 corresponde a una mezcla entre He atmosférico y He radiogénico de la corteza, casi sin la contribución magmática. Este valor de Ra mundialmente es relacionado con intrusivos graníticos de edad Jurásico-Cretácico.

Se espera que el conjunto de datos hidrogeoquímico obtenido durante un largo periodo de tiempo comparado con datos sismológicos y deformación tectónica (GPS) puedan proporcionar los nuevos resultados sobre el comportamiento co-sísmico y pre-sísmico (si existe) de las aguas termales. El presente estudio es financiado por CONACYT #38578-T.

VOLG-54 CARTEL

**ESTUDIO DEL EQUILIBRIO QUÍMICO EN AGUAS
TERMALES DE LAS TRES VÍRGENES, B.C.S.**

E. Portugal M., R.M. Barragán, G. Izquierdo y B.I. Romero
Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Cuernavaca,
Mor., México

E-mail: portugal@iie.org.mx

Un estudio de modelación del equilibrio químico ha sido realizado en la zona geotérmica de Las Tres Vírgenes. El área se caracteriza por su escasa permeabilidad en los estratos más profundos donde se localiza el acuífero termal. El acuífero freático se encuentra en las zonas más permeables y se caracteriza por baja mineralización y por temperaturas que varían entre 25°C y 93°C. La relación Cl vs. B indica una escasa correlación lineal lo que hace suponer que la temperatura de las aguas de la porción sur-suroeste se debe al fenómeno de conducción de calor de la roca. La aplicación del modelo de sílice-entalpía sin pérdida de vapor y calor en las aguas del Noreste-Este-Sur indica que son resultado de una mezcla entre agua subterránea y un componente con temperatura inicial de 190°C. Las aguas de la zona son sobresaturadas respecto a calcedonia, dolomita y calcita, siendo los valores para esta última muy cercanos al equilibrio. Mientras tanto, las fases minerales yeso y sílice amorfa se encuentran subsaturadas. Las relaciones del $\log(Q/k)$ vs. t muestran un aparente desequilibrio de las fases minerales. Esto puede ser consecuencia de la pérdida de gases y de la dilución con agua subterránea.

Sesión

Yacimientos Minerales

Martes 5

SALA B

YM-01

THE IMITER SILVER DEPOSIT: A GIANT EPITHERMAL NEOPROTEROZOIC DEPOSIT

G. Levresse, A. Cheilletz, D. Gasquet, E. Deloule, L. Reisberg,
B. Marty y K. Kyser

Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

E-mail: glevresse@geociencias.unam.mx

The Imiter deposits, in the Anti-Atlas Mountains (Morocco, Northern Africa), is one of the largest silver deposits in the world with, 8.000/10.000 metric tons stock Ag^o metals. The mineralized veins system occupies the 7-km long E-W Imiter fault zone. Disseminated Ag^o, sulfide bodies and vein deposits are hosted mainly in sedimentary and volcanic rocks of Middle and Late Neoproterozoic age respectively. An event of base metals mineralization predates the silver mineralization event. These events are dated respectively at 570 Ma and ca. 550 Ma. The silver mineralization event is related to an important extensional event and to rhyolitic dome emplacement, dated at 550 Ma. Sulphur isotope analyses show the existence of two distinct isotopic reservoirs, the black shale pyrites (-38 ‰) and the rhyolitic dome pyrites (-2 ‰ to -7 ‰). The $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ values of the base metal event and silver mineralization event range respectively from -2 ‰ to -7 ‰ and from -2 ‰ to -25 ‰. The rhyolitic and base metal isotopic variations are interpreted as being resulting from preferential ^{34}S degassing in ascendant fluids. The $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ drift silver mineralization is interpreted as a mixing between a magmatic isotopic reservoir (linked to the rhyolitic dome) and a country rock reservoir (mainly black shales). $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ ratio were analyzed in pyrites from the rhyolitic dome, of pyrites and whole rock powders from black shales, and of the Ag^o and sulphides from the silver mineralization. These data show two distinct isotopic reservoirs, the black shales, with $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ measured values range from 2.7 to 116.4, and the rhyolitic dome, with $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ initial values range respectively from 0.15 to 0.6 and from 0.142 to 0.197. The $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ values of the silver mineralization indicate without ambiguity a mantle source for the osmium incorporated during this event. Assuming that the osmium and silver are derived from the same source. The black shale country rock participation, in the stock metals of the silver epithermal event, is evaluated at less than 10%. He isotope analyses of the gangue and sulphides of the base metals and silver epithermal event are very close and range from 0.76 to 2.64 R/Ra. This range of values and the lack of ^{20}Ne are interpreted as diluted mantle source evidences. The sources of the metals and fluids, in the Ag-Hg Imiter deposits, are deep and probably mainly mantle. The contribution of the country rock in the genesis of the Ag-Hg Imiter deposits is restricted to the role of metal trap. The Imiter deposits is well defined as an epithermal vein deposit genetically related to a felsic volcanic event at ca. 550 Ma, coeval with regional normal faulting, and with a mantle source for the metals and fluids. This new data change drastically the regional metallogenic scheme.

YM-02

PROPIEDADES MINERALÓGICAS Y GEOQUÍMICAS DEL DEPÓSITO DE FIERRO EL LACO, CHILE

M. Rivas-Sánchez y L.M. Alva-Valdivia

Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: marilurivas@terra.com.mx

El depósito de hierro El Laco está ubicado en la alta Cordillera de los Andes, entre 4,700 y 5,300 m en los flancos del volcán Pico Laco de composición andesítica-riodacítica de edad aproximada 2 Ma. Se estudiaron muestras de 15 sitios por microscopía óptica, observándose diferencias mineralógicas y texturales marcadas.

En el área Laco Sur se tiene una mena de hierro principalmente constituida por magnetita y escasa hematita, formada por oxidación de la magnetita, ambos minerales forman texturas de intercrecimiento lamelar, la magnetita presenta huecos recubiertos por cuarzo y apatito, es común que este último presente buen desarrollo de sus formas cristalinas y también se encuentre incluido en el cuarzo, en forma aislada se identificó pirita incluida en magnetita y sericita. El apatito, magnetita y hematita fueron analizados por microsonda electrónica, el apatito además de contener P y Ca destacan trazas de V, Cr, Mn, Ni, Ti, Co, en la magnetita se detectaron trazas de: Ti, Cr, Mn, Co, Ni, y en otros campos V, en la hematita se detectaron trazas de: Ti, Co, Ni, y en otros campos V. En este estudio resalta la ausencia de V generalmente en hematita y magnetita. Una muestra del Laco Sur destaca por poseer hematita de color negro mate, de textura masiva con reliquias de forma parcial octaédricas, estas formas siguen un acomodo seriado, dando un aspecto parecido a una "espiga de trigo".

Las lavas en el Laco Sur son de composición andesítica, predominan los piroxenos y plagioclasas sódicas (oligoclasa-andesina) y en menor proporción ilmenita y magnetita. El piroxeno más abundante es el diópsido y en menor proporción hiperstena y augita diopsídica. El diópsido presenta abundantes inclusiones de ilmenita, y esta intercrecido gráficamente con titanomagnetita, indicando que cristalizaron en igual momento. Los piroxenos en general presentan inclusiones de magnetita, ilmenita y apatito, destaca la magnetita porque también presenta inclusiones euedrales de apatito. La forma euedral del apatito incluido en magnetita, plagioclasas y piroxenos, muestra una fase de cristalización inicial durante la solidificación del magma, seguida por magnetita, ilmenita y plagioclasas Na y piroxenos, estos últimos cristalizan en la etapa final de consolidación del magma, junto con titanomagnetita.

El estudio por microsonda electrónica de la ilmenita muestra trazas de: V, Mn, Co, Ni. La hematita asociada a ilmenita presenta Ti, y trazas de: V, Mn, Ni. La titanomagnetita presenta trazas de: Cr, Mn, Co, Ni y en algunos casos V. El diópsido intercrecido con titanomagnetita presenta trazas de: Ti, Mn, Ni y en algunos casos V, cuando la titanomagnetita asociada también lo presenta.

En Lago Norte predomina principalmente hematita y goethita, como mena de hierro y escasa magnetita. La hematita forma pseudomorfos de sección cúbica y octaédrica a expensas de la magnetita, texturas esqueléticas y goethita. La microsonda electrónica de barrido mostró en la hematita, una alteración zonal o de transición hacia la formación de la goethita, por efecto de la oxidación. Los análisis por EDS muestran para la hematita trazas de: Ca, Mn, Co, Ni. La zona de transición hematita-goethita, muestra trazas de: V, Co, Ni, Ba y en otros campos Ti. La goethita presenta trazas de: Ca, Cr, Co, Ba y en otros campos V, Ti, Mn.

En Lago Norte aumenta el contenido de pirita y solamente en estas muestras se identificó barita. Rellenando huecos en hematita y goethita se encontró un mineral café marrón, translúcido, identificado como fosfosiderita, constituido por un fosfato hidratado de hierro ($\text{FePO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$). El análisis por microsonda electrónica de barrido de la fosfosiderita mostró un contenido aproximado del 43% de P y 54% de Fe, con trazas de: Al, Si, Na, K, Mg, Ca, Ti, Co, Ni. En otros casos también V, Cr, Mn, Ba. La barita reportó además de Ba y S, trazas de Na, Si, P, K, Ca, Fe, Co, Ni, en otros campos también Ti y Cr.

Las lavas del Lago Norte son andesitas constituidas por piroxenos (diópsida e hiperstena), plagioclasas sódicas (oligoclasa y andesina), vidrio volcánico y o biotita, estos minerales presentan abundantes inclusiones de hematita, que las diferencia de las muestras de lavas del Lago Sur. Esto sugiere que al igual que las muestras de mena de hierro asociadas, también las muestras de lava del depósito del Lago Norte sufren una fuerte oxidación, donde la ilmenita y magnetita incluidas en piroxenos y plagioclasas han sido parcial y completamente reemplazadas por hematita, por efecto de la oxidación.

Las relaciones texturales y mineralógicas presentes tanto en Lago Sur como en Lago Norte, evidencian para ambos depósitos una naturaleza hidrotermal: a) En Lago Sur la magnetita masiva con abundantes huecos recubiertos parcial o totalmente por apatito y cuarzo; b) La fuerte oxidación presente en el Lago Norte que da lugar a hematita-goethita a expensas de la magnetita y la presencia de fosfosiderita, tal vez formada por los mismos procesos de oxidación a expensas del apatito y hierro libre, sugieren una intensa alteración hidrotermal (vapores, agua) durante la fase final del hidrotermalismo.

YM-03

ALTERATION OF VOLCANICS HOSTING THE SAN NICOLÁS MASSIVE SULFIDE DEPOSIT, ZACATECAS, MÉXICO

L.F. Vassallo

Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro, México

E-mail: vassallo@servidor.unam.mx

San Nicolás is a Late Jurassic stratiform Zn-Cu-Au-Ag rich massive sulfide world class deposit in central part of México with a total resource of 120 Mt of ore. Open-pit mineable reserves in the main zone are 72 Mt grading 2.27% Zn, 1.35% Cu, 0.53 g/t Au and 30 g/t Ag. The main sulfide body is a northwesterly trending elongate mound of massive sulfides 900 m long, over 200 m wide and up to 300m thick, with a well-developed stringer zone and alteration system, directly beneath the mound. The mineralization is controlled by a growing-fault at the NE side, with a plunge to the SW with 45 degrees and a rhyolitic dome at the SW, both of them conformed a channel along of which sulfides were poured. The host-rock succession consists of variably altered mafics in the footwall and a rhyolite-tuff sequence in the hanging wall, with up to 900 m. thick. The sulfide deposit and the enclosing volcanic sequence were metamorphosed under low greenschist conditions. The present form of the ore body could be the result of folding of ores and altered rocks.

The NW structures belong to the graben-horst system San Luis Potosi-Zacatecas, that has been working since the late Jurassic to the Neogene.

Were analyzed 6 drill holes that cross the principal ore body and the hanging and foot walls, with more than 3000 m. with whole rock major geochemical analysis by ICP-ES and 43 trace elements by ICP MS; more than 100 thin sections were observed.

The widest alteration is a sericite-pyrite-rich zone in the dome of rhyolitic composition, at the hanging wall, strong calcareous alteration and intense pyritic alteration, and intense K-feldspar alteration on the footwall. The various alteration facies can be discriminated geochemically in the alteration Larges's BoxPlot, it is possible to identify common trend lines associated with particular styles of hydrothermal alteration.

Large's BoxPlot CCPI vs AI (where $\text{CCPI} = (100 * (\text{MgO} + \text{FeO})) / (\text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{FeO})$ and $\text{AI} = (100 * (\text{MgO} + \text{K}_2\text{O})) / (\text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO})$), probed to be of great value for the definition of the alteration vectors of proximity to ore zones (high values of CCPI and AI) and to the center of the ore system at San Nicolás VHMSD.

The deposit presents zonation with high values of Ti (118 ppm), As (2175 ppm) and Ba (114340 ppm) at the top. Bi (112 ppm) at the bottom. With close relation with the stringer zone are Sb (438 ppm) and Mo (49 ppm).

CONACYT-32511-T, Minera Teck and UNAM supported this research.

YM-04

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y MINERALÓGICA DEL YACIMIENTO DE SULFUROS MASIVOS DE TIZAPA, ZACAZONAPAN, EDO. DE MÉXICO

Osbaldo Zamora y Rosa María Prol-Ledesma
Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
E-mail: osbzam@hotmail.com

El Yacimiento de Tizapa, localizado en la porción sur-oeste del Estado de México en el municipio de Zacazonapan, forma parte de un grupo de yacimientos de sulfuros masivos pertenecientes al subterreno Teloloapan.

El subterreno Teloloapan forma parte del Terreno Compuesto Guerrero y representa un ambiente de arco de isla intraoceánico de edad Hauteriviano (?) - Aptiano (Talavera-Mendoza, 1993), caracterizado por una secuencia volcanosedimentaria intensamente deformada y metamorfizada a facies de esquistos verdes.

La estratigrafía local está representada por una secuencia metamórfica ortogénica que representa la unidad estratigráfica y estructuralmente más inferior, producto de la milonitización de una roca plutónica de composición granítica, fechada por U-Pb en 186 Ma (Elías-Herrera y Sánchez-Zavala, 1992). Dicha secuencia está sobreyacida por una unidad metapelítica-metavolcánica con predominio de la facies metapelítica a la base y metavolcánica intermedia a ácida en la parte superior culminando con otra facie metapelítica. La mineralización se ubica estratigráficamente entre las facies metavolcánica al bajo y metapelítica al alto. Cabalgando la secuencia anterior se emplaza otra serie volcanosedimentaria, intensamente deformada que incluye facies calcáreas, clástico-calcáreas, volcánicas y volcanoclásticas.

La mineralización es de tipo estratiforme de sulfuros masivos bandeados y en ocasiones brechados, también se presenta como diseminaciones preferentemente en las rocas metavolcánicas, y fuertemente deformados con desarrollo de plegamiento isoclinal.

Los sulfuros masivos han sido fechados por medio de edades modelo Pb/Pb en un promedio de 191 Ma (Elías-Herrera y Sánchez-Zavala, 1992). Los cuerpos minerales consisten en general de pirita, esfalerita, galena, calcopirita, arsenopirita y sulfosales con espesores que varían desde unos cuantos centímetros hasta más de 20 m.

YM-05

ESTUDIO DEL TRONCO "PLAN DE LIEBRES", EDO. DE GUERRERO Y SU RELACIÓN CON YACIMIENTOS MINERALES

Germán Arriaga García, Juan José Medina Avila y José Luis Jiménez Mendoza
Facultad de Minería, División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Depto. de Yacimientos Minerales, UNAM
E-mail: jjmedinaa@hotmail.com

La región de Mezcala en el estado de Guerrero se caracteriza por la presencia de cuerpos mineralizados (Au y polimetálicos) asociados a cuerpos intrusivos de composición granodiorítica. El intrusivo "plan de Liebres" corresponde también a una granodiorita y en sus alrededores existen pequeñas obras mineras con asomos de mineralización; además, en la periferia del intrusivo se presentan diseminaciones de pirita y calcopirita. Estos indicios unidos a la favorable posición geográfica del intrusivo "Plan de Liebres" hacen suficientemente atractiva la prospección minera. El objetivo del presente trabajo es establecer los metalotectones reveladores que pueden conducir a los cuerpos mineralizados.

El área de estudio se encuentra ubicada al sur del poblado de Mezcala, Edo. de Guerrero, aproximadamente a 7.5 km y está limitada por las coordenadas geográficas 17°52'20" y 17°53'00" de latitud norte y 99°34'30" y 99°35'20" de longitud oeste. El paisaje geomorfológico de la región es contrastante y está controlado principalmente por la litología, donde las calizas forman prominencias topográficas redondeadas y con fuertes pendientes, mientras que las areniscas, limolitas y lutitas forman lomeríos de menor elevación, el cuerpo intrusivo se manifiesta de manera conspicua con respecto a las demás litologías.

Las rocas que afloran en la zona pertenecen a las formaciones Morelos y Mezcala, intrusionadas por lo que se denomina "Tronco de Plan de Liebres" cuya composición es de una granodiorita de biotita. Este cuerpo viene acompañado por un cortejo de diques de composición microdiorítica y microgranodiorítica, los diques generalmente tienen sulfuros diseminados. La roca de metamorfismo de contacto observada es un hornfels bandeado aparentemente sin mineralización. Se presentan dos sistemas conjugados de fracturamiento, uno con orientación N-S y E-W, el otro NE-SW y NW-SE.

Con base en la cartografía y en los estudios realizados se reconocieron los siguientes metalotectones:

1. La composición granodiorítica del cuerpo intrusivo asociada a los yacimientos minerales.
2. Existe una alineación muy notable de yacimientos minerales en la región: desde el desfiladero (La Nena, El Cuchillo, La Willy, La Minita y Nukay) hasta el tronco "Plan de Liebres". Todos los yacimientos de esta región se alinean en una dirección aproximada 270 NW-SE.

3. Las rocas calcáreas como receptoras de la mineralización.
4. El sistema de fracturas orientado NW-SE como conductos de las soluciones mineralizantes.

YM-06

EVIDENCIAS DE UN YACIMIENTO DE COBRE DISEMINADO EN EL ESTADO DE MICHOACÁN

Carlos Garza González Vélez, Germán Arriaga García y Juan
José Medina Ávila
Facultad de Ingeniería, UNAM
E-mail: cgarza@correo.unam.mx

El proyecto se encuentra localizado en la porción noreste del Estado de Michoacán, en una región volcánica calcoalcalina terciaria, afectada por cuerpos graníticos.

En la zona mineralizada afloran rocas hipabisales que varían de microgranitos a microdioritas. La mineralización se presenta como relleno de microfracturas en una estructura de stockwork, asociada a un gran fallamiento NW-SE.

La mena presenta escasos afloramientos, sin embargo de acuerdo con estudios geofísicos y geoquímicos de detalle, así como barrenación con diamante, se demuestra la existencia de un yacimiento de cobre diseminado, cuyas dimensiones están por definirse.

Con base en la información obtenida en 1,200 metros de perforación con diamante, distribuidos en cuatro barrenos, se ha determinado una alteración arcillosa superficial y una alteración sericitica a profundidad con sericita, calcita, cuarzo, clorita y pirita. En ambas alteraciones se presenta la calcopirita diseminada en vetillas, con cantidades subordinadas de bornita y oro.

En este trabajo se propone una segunda campaña de barrenación, cuyos objetivos serán delimitar el cuerpo mineralizado y determinar con precisión las leyes de cobre y oro.

YM-07

MINERALES ARGENTÍFEROS EN MÉXICO

Villaseñor-Cabral M.G. y Gómez-Caballero J.A.
Instituto de Geología, UNAM
E-mail: mgvc@servidor.unam.mx

México es el primer país productor de plata en el mundo, siendo numerosos los minerales portadores de este metal precioso. Conocer a fondo su composición química y su estructura cristalina incide en una planeación adecuada en las fases de exploración, explotación y metalurgia, así como en los estudios de impacto ambiental. La caracterización mineralógica, en la exploración de yacimientos, proporciona información sobre los procesos mineralizantes; en la explotación, para definir cuerpos a minar; en los procesos de

beneficio, para establecer métodos adecuados con el fin de obtener una recuperación óptima; y en estudios ambientales, para identificar elementos que puedan ser nocivos y, así, diseñar métodos de rehabilitación correctos. Se está llevando a cabo una investigación sobre los minerales argentíferos en distintos yacimientos de México. El objetivo de esta investigación es el de establecer las relaciones existentes entre los diferentes tipos de depósito con las especies minerales de plata que contienen.

El control principal de los depósitos minerales es de tipo tectónico. Los procesos tectónicos prevalecientes en el tiempo y en el espacio dentro del territorio nacional son los que han producido los diferentes tipos de depósitos, como sulfuros masivos vulcanogénicos, vetas o skarns. Estos depósitos constituyen fajas metalogénicas por tipo; por ejemplo, la faja de vetas que va de Taxco a Parral, que quizá haya constituido la más grande acumulación de plata en el mundo, o la faja de depósitos de tipo skarn, que va desde Zimapán hasta Bismarck.

En México, han sido reportadas al menos 43 especies minerales de plata, siendo algunas de ellas fuente fundamental del metal, mientras que otras sólo son de interés científico, debido a que generalmente se presentan en cantidades muy escasas. Frecuentemente, en un depósito se halla más de un mineral de plata y no es raro que en el mismo depósito se presente una zonación de los mismos. Los minerales más abundantes son acantita, argentita (su polimorfo de alta temperatura), pirargirita, freibergita y tetraedrita argentífera. Otros minerales importantes portadores de plata en solución sólida son la esfalerita y la calcopirita. Los depósitos en vetas se encuentran encajonados en rocas de naturaleza diferente, tales como rocas volcánicas terciarias (e.g., Tayoltita, Guanajuato y Pachuca), rocas sedimentarias (e.g., Fresnillo, Santa Bárbara y San Francisco del Oro) y en rocas metasedimentarias (e.g., Taxco). Las vetas son de dos tipos: polimetálicas y auroargentíferas. En las primeras hay una variedad muy grande de minerales argentíferos, por ejemplo, pirargirita y polibasita con freibergita subordinada, en Fresnillo; o argentita y polibasita con pearceíta subordinada, en Topia, sólo para mencionar algunos. En las vetas auroargentíferas, los minerales de plata más comunes son argentita, acantita y electrum; en este tipo de depósitos son frecuentes los minerales de selenio (e.g., Guanajuato, donde el material que se procesa en Las Torres está constituido principalmente por aguilarita).

Los mantos y chimeneas están en rocas carbonatadas (Naica, Santa Eulalia), al igual que los skarns polimetálicos (San Martín, Charcas). En estos yacimientos, evidentemente de mayor temperatura, en general predominan la tetraedrita argentífera y la freibergita como mena de plata, si bien en algunos skarns, como Charcas, la diaforita ocupa su lugar.

En los sulfuros masivos, el mineral de mena más abundante es la tetraedrita argentífera, que puede llegar a freibergita.

Los depósitos de cobre porfídico (e.g., La Caridad) frecuentemente suministran plata como producto secundario. En Cananea, se ha reportado tetraedrita-tennantita.

Lo anterior parece indicar la existencia de una relación entre la mineralogía y el entorno geológico del yacimiento. Además de la diferencia en especies minerales, se observa una diferencia en cuanto a tamaño: en las vetas, el tamaño de los cristales permite fácilmente su identificación a simple vista, mientras que en los skarns y sulfuros masivos, muchas veces, es necesario el uso de técnicas más sofisticadas, como es el caso de la microsonda electrónica que secunda al microscopio minerográfico en la determinación de la especie.

YM-08

DIFRACCION DE ONDAS DE CANAL SH POR UNA PANTALLA SEMIINFINITA

Juana Tomas Luna¹ y Federico J. Sabina²

¹ Facultad de Ciencias, UNAM

E-mail: jtl@uxmym.limas.unam.mx

² IIMAS, UNAM

Las ondas de canal SH se propagan en una guía de onda, es decir, en un canal cuya velocidad es menor que la de los semiespacios que la circundan. Se usan en minas de carbon para la detección del fin de la veta, por ejemplo. Se busca estudiar este problema por medio de una técnica asintótica-numérica y para ello se sugiere la solución analítica de un problema canónico como el descrito en el título. El sistema de ecuaciones se resuelve por medio de la transformada de Fourier para obtener la ecuación de Wiener-Hopf correspondiente. Esta se desacopla convenientemente y al invertir la transformada se obtiene el campo difractado de la onda.

En esta ocasión solo se hablara del campo transmitido y reflejado que se produce y que pudiera tener interés en la detección de intrusiones delgadas.

YM-09 CARTEL

SITUACIÓN ACTUAL DE LAS CANTERAS LOS REMEDIOS Y CHILUCA, QUE FUERON UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN GRAN NÚMERO DE EDIFICIOS DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Cruz-Ocampo Juan Carlos^{1,2}, Victoria-Morales Alfredo¹, Flores-Martínez José Juan¹ y García-Martínez Carlos Manuel¹

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

E-mail: ccarlos@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

El motivo por el cual se ha decidido investigar, la situación actual de las canteras Los Remedios y Chiluca, radica en la importancia que representan para los trabajos de conservación y restauración de edificios y monumentos del Centro Histórico de la Ciudad de México, dadas las condiciones actuales de deterioro a las que se encuentran sujetos, causadas por

condiciones ambientales (contaminación: smoke, lluvia ácida y biodegradación), que provocan un intenso intemperismo químico y un intemperismo mecánico acelerado por el hundimiento diferencial que presentan y por el tipo de uso al que son sometidos. Sin duda un representante majestuoso, es el Palacio de Minería, de construcción monumental considerado como la obra maestra del Arquitecto y escultor español Manuel Tolsá, el cual se encuentra constantemente en reparación, siendo una de las restauraciones más intensivas a las que ha sido sometido recientemente, el cambio de la escalinata principal.

De los estudios petrográficos realizados a muestras provenientes de estos sitios se encontró que la roca Remedios corresponde a una toba vítrea de composición dacítica, mientras la roca Chiluca se clasifica como un pórfido andesítico de hornblenda. Las características petrofísicas de las rocas obtenidas en estas canteras, nos indican una mayor resistencia para el intemperismo acelerado de la roca Chiluca comparada con la roca Remedios, lo cual da como resultado el que se hayan empleado para diferentes usos, por ejemplo la roca Remedios se emplea en fachadas, cornisas, balaustrado, fluorones, etc., mientras la Chiluca en la construcción de pisos y escaleras.

Durante la realización del trabajo se localizaron las canteras, las cuales se creían agotadas, actualmente se encuentran en una etapa final de explotación y tienden a desaparecer por el uso de suelo, siendo actualmente la urbanización de esas zonas, para la cantera Chiluca se ha convertido en zona residencial.

Dos problemas muy fuertes se tienen en la explotación de canteras, uno es el no contar con técnicas actualizadas para la extracción del material como es el hilo diamantado, discos de diamante y cadenas diamantadas, siendo empleadas técnicas rudimentarias en la obtención de bloques con pico y barretas, así como explosivos, lo cual ocasiona un gran desperdicio de material y el que no se pueda explotar en zonas habitadas por cambio de uso de suelo. El otro es la falta de talleres para labrar las canteras, debido al nulo interés de los jóvenes por aprender este oficio, debido a que se trata de un trabajo poco remunerado.

Esto tendrá una repercusión a corto plazo, como la falta de canteras adecuadas en la restauración, lo cual implica una necesidad para realizar trabajo de exploración geológica, para la ubicación de sitios favorables para el aprovechamiento de canteras cercanas a la Ciudad de México, y promover el trabajo artesanal de las canteras, de no tomar esto en consideración, el costo a futuro se incrementará de forma exponencial y los labradores existentes serán los propios arquitectos, arqueólogos, restauradores, diseñadores, escultores o hasta ingenieros, como se está presentando en países como Grecia y otros con gran riqueza en monumentos históricos y zonas arqueológicas.

YM-10 CARTEL

CARTA GEOLÓGICO-MINERA DEL MUNICIPIO DE TAXCO DE ALARCÓN, GRO.

Javier Bustamante García, Alejandro Jaimes Fuentes y Joel
Ramírez Espinosa
Universidad Autónoma de Guerrero
E-mail: jaboroc@hotmail.com

Se presentan los resultados de la investigación de la Carta Geológica-minera del Municipio de Taxco de Alarcón Guerrero, como base para el inventario de los recursos naturales municipales. Este estudio fue financiado por el Sistema de Investigación Benito Juárez (SIBEJ)

La información se presenta en un mapa temático de tipo geológico a escala 1:50 000 el cual muestra la distribución y relaciones estratigráfico-estructurales de las diferentes unidades de rocas, así como de los yacimientos minerales existentes. Dicho mapa aporta información fresca y confiable de esta zona. El estudio efectuado pretende contribuir al conocimiento de los recursos naturales con los que cuenta el municipio y posteriormente promoverlo ante las autoridades municipales, estatales y federales para su conocimiento, uso y manejo.

La elaboración de este mapa temático se desarrolló a partir de varias escalas: en estudios a detalle realizados a escala 1:10 000 (Huahuaxtla, Hixtac, Julianitla, Acuitlapán, Sierra de Taxco, Taxco y Taxco el Viejo; estudios a semidetalle de las unidades o litofacies en la secuencia volcánico-sedimentaria de Taxco y Taxco el Viejo a escala 1:5 000. Se realizaron estudios petrográficos y geoquímicos de las unidades volcánicas de la región, estudios preliminares de las litofacies sedimentarias de las formaciones Mexcala y Balsas.

Se presenta también la distribución de los yacimientos minerales no metálicos y metálicos localizados dentro del municipio y de estos últimos, un modelo estructural para el emplazamiento de los yacimientos del Distrito Minero de Taxco.

YM-11 CARTEL

GENESIS Y ECONOMIA DE LAS ROCAS BASÁLTICAS

Eleazar Rodríguez Galeotti
Servicios Especializados en Ingeniería
E-mail: ergaleotti@msn.com

Los basaltos son uno de los tipos de rocas ígneas más difundidos en nuestro país. El origen de estas rocas es parecido en todos los planetas de tipo terrestre con mantos silicatados de composición similar a la de los meteoritos de tipo condritico, por tanto, el basalto es el resultado de la fusión parcial de silicatos condriticos. Los basaltos primitivos son aquellos formados casi directamente por la fusión parcial de material condritico, la materia prima básica del sistema solar.

Los basaltos, de acuerdo a su génesis se clasifican como de tipo MORB, cuando su origen es la zona de expansión oceánica; de tipo OIB cuando el origen es en los arcos de isla oceánica y los IAB o basaltos de arcos de isla continental, cerca de las zonas de subducción.

En la actualidad los basaltos más primitivos que se conocen son algunas lavas escoriáceas, más ricas en Magnesio y álcalis que los MORB, los cuales contienen nódulos de materiales del manto. A este tipo de basaltos se le conoce como "Komatita".

Por su alto contenido de vidrio, los basaltos en mezcla con cementos naturales tienen un comportamiento de tipo puzolánico, por lo que encuentran gran aplicación en la construcción al ser utilizados como agregado liviano para la fabricación de concreto; además, por sus particularidades tienen otras aplicaciones tecnológicas como en la industria cerámica. También es un excelente material para ser utilizado en pisos, relleno de caminos y terrenos fangosos ya que permite un rápido drenado del agua, haciéndolos transitables.

Económicamente los basaltos en México representan una de las principales fuentes de agregados pétreos para la industria de la construcción en general, aunque todavía poco explotado para la fabricación de concretos especiales de alta dureza y bajo peso volumétrico, situación que en los próximos años podrá beneficiar a cientos de micro y pequeños mineros de nuestro país.

Los basaltos también forman una excelente red de acuíferos en el centro de la república mexicana gracias a sus condiciones de porosidad y fracturamiento, que hacen económicamente explotables los mantos.

Los basaltos sometidos a procesos de metamorfismo y granitización pueden dar origen a yacimientos minerales de cobre, en el primer caso se debe al producto de la removilización a partir de rocas-madres basálticas durante el plegamiento y metamorfismo y en el segundo caso al concentrado de minerales de cobre a partir de rocas volcánicas durante la granitización. Como ejemplos más importantes se ubican los yacimientos de cobre nativo en Michigan, E.U.; y la provincia volcánica de Nicola en Canadá.

YM-12 CARTEL

PETROGRAFÍA METAMÓRFICA Y EL ORIGEN DEL YACIMIENTO DEL LAURIÓN, GRECIA

John A. Randall Roberts
Universidad de Guanajuato
E-mail: randall@redes.int.com.mx

El yacimiento plomo-argentífero de Laurión, Grecia ha sido uno de los depósitos más grandes de plata en Europa y el mayor hasta hoy conocido en la zona del Mediterráneo. Las minas funcionaron por mil años en los tiempos de la Grecia clásica para ser trabajados esporádicamente durante los Siglos

19 y 20; hoy día es un parque nacional. Texturas y mineralogía de muestras tomadas durante una visita a la mina revelan un grado o facies metamórfica más alto que lo descrito en la literatura sobre el yacimiento. La mineralización se encuentra sobre tres contactos entre mármol y esquisto donde se observa facies alta anfibolita de un conjunto de minerales de tipo Barroviano. En el esquisto hay granates (andradita) y hornblenda de color café, con moscovita rodeando conjuntos de cuarzo y albita. En los mármoles, casi siempre formando el contacto superior de los mantos, hay grandes cristales de dolomita con pequeños granates y andalucita, en el mosaico de calcita bien recrystalizada. Es importante notar la constante presencia de pequeños granos de esfalerita y magnetita actualmente con oxidación a hematina en la superficie en afloramientos y terreros. El mineral está concentrado en la serie de cabalgaduras; el principal se designa el "allocthon" en mantos de 0.5 a tal vez 2 mts. de grosor en forma lenticular relacionado a pliegues pero siempre sobre los contactos. Se propone un origen sedimentario de formación marina de playa "sabbka" debido a la presencia de evaporitas como dolomita primaria y reportada, escapolita, entre capas lodosas. El conjunto fue metamorfoseado tectónicamente con la tendencia de concentrar a los metálicos hacia los contactos, siguió mayor plegamiento y las cabalgaduras concentrando las menas en las zonas sub horizontales de debilidad. Perforaciones durante el Siglo XX han mostrado que el yacimiento está abierto a la profundidad pero carece del enriquecimiento secundario que elevó la ley permitiendo su explotación en aquellos tiempos cuando la plata de Laurión pagó el costo de las guerras de Grecia.

YM-13 CARTEL

EXPLORACIÓN DE DEPÓSITOS POLIMETÁLICOS TIPO SKARN ASOCIADOS CON ANOMALÍAS AEROMAGNÉTICAS DE INTRUSIVOS, EN EL NORORIENTE DE MÉXICO

Velez Julio, Cuevas Alejandro y Hernández Israel
Gerencia de Geofísica, Consejo de Recursos Minerales
E-mail: gciageof@coremisgm.gob.mx

La Base de Datos magnéticos de la República Mexicana generada por el Consejo de Recursos Minerales, ha resultado sumamente útil en la investigación de los recursos minerales asociados a troncos intrusivos. Una de estas aplicaciones se presenta cuando los cuerpos ígneos no afloran, pero se encuentran cerca de la superficie.

De acuerdo al análisis de los datos aeromagnéticos, se identifican las respuestas geofísicas de estos elementos geológicos, seleccionando de esta manera zonas prospectivas del mayor interés geológico-minero, por la asociación de estos troncos intrusivos con los depósitos minerales polimetálicos. Existe una estrecha correlación entre los intrusivos, los depósitos tipo skarn y las anomalías aeromagnéticas dipolares.

Como ejemplo de la utilidad de la Base de Datos aeromagnéticos se estudió la región localizada en el nororiente de México hasta el límite fronterizo México-USA. Las rocas sedimentarias mesozoicas fueron intrusionadas por granitoides de edad laramídica dando origen a depósitos minerales económicos tipo skarn de plomo, zinc, cobre, plata y oro en la zona de contacto; y en menor cantidad vetas, chimeneas, brechas y mantos.

Aparentemente el grupo de rocas intrusivas mesozoicas y terciarias del nororiente de México se emplazó en el perímetro del Bloque de Basamento Coahuila por lo que existe una ausencia de anomalías aeromagnéticas dipolares y afloramientos de intrusivo, en la porción sur-central del estado de Coahuila.

Las anomalías aeromagnéticas de forma elongada y con rumbo E-W definidas dentro de esta zona magnética sin anomalías dipolares de intrusivo, parecen corresponder con las rocas ígneas y metamórficas de probable edad Permotriásica del Bloque de Basamento Coahuila.

El Distrito Minero de Concepción del Oro, en el estado de Zacatecas es un buen ejemplo de la aplicación de la Base de Datos aeromagnética en la exploración de depósitos minerales de alta temperatura tipo skarn, la mayoría de estos localizados en el contacto de los troncos y diques intrusivos.

Los cuerpos intrusivos mesozoicos y terciarios se presentan distribuidos en grupos y solamente algunos de ellos tienen expresión superficial en una superficie no mayor de un kilómetro cuadrado. Las zonas de contacto entre las calizas jurásicas y cretácicas y las anomalías aeromagnéticas dipolares, atribuibles a intrusivo del nororiente de México son prospectivas para mineralización polimetálica de plomo, zinc, cobre, plata y oro.

Sesión Especial

El Chichón 1982-2002

Jueves 7

SALA F

CHI-01

QUE CAUSÓ EL DESASTRE DEL CHICHÓN EN 1982

Servando De la Cruz-Reyna
 Instituto de Geofísica, UNAM
 E-mail: sdelaocr@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

El desastre ocasionado por las erupciones del volcán El Chichón en marzo y abril de 1982 proviene de tres causas: Su intensidad (tasa de descarga de magma), sin precedente en el siglo XX, la percepción del riesgo volcánico en México y en el mundo en aquel momento, y la ausencia de mecanismos organizados de respuesta de la sociedad y del estado ante fenómenos destructivos.

Las erupciones más importantes del siglo XX en México, que precedieron a la del Chichón, fueron la del Volcán de Colima del 20 de enero de 1913 y la del volcán Parícutín que inició el 20 de febrero de 1943. El Chichón tuvo un episodio conformado por varios eventos explosivos entre los días 28 de marzo y 4 de abril de 1982, en el que destacan tres erupciones de gran violencia al inicio y al final del episodio. La siguiente tabla muestra algunos de los parámetros más relevantes a la intensidad de esas erupciones.

Volcán	Fecha-hora	Duración horas	TMEM Mkg/s	TPEM Mkg/s	Alt km	Masa kgE11	Víctimas
Colima (a)	20/01/1913-1100	8	Ap. 10	13	21	4.1	Ap. 10
Parícutín (b)	314 días de 1943	Cont.	0.045	-	6-8	12.25	0
ChichónA (c)	28/03/1982-2332	5-6	35	80	27	7.5	Ap. 30
ChichónB (c)	03/04/1982-1935	4	60	150	32	9.8	Ap. 1700
ChichónC (c)	04/04/1982-0522	7	40	85	29	10	?

- a) Saucedo (2000) TMEM: Tasa media de emisión de magma
- b) Fries (1953) TPEM: Tasa pico de emisión de magma
- c) Carey y Sigurdsson (1986, 1989) Alt: Altura de la columna eruptiva

Aunque las erupciones mostradas en la tabla tuvieron magnitudes (masas magmáticas totales emitidas) comparables, sus intensidades y sus impactos (efectos sobre la sociedad y el medio) fueron muy diferentes. Esto muestra las dificultades en el escalamiento y medida de las erupciones. Por ejemplo, el Índice de Explosividad Volcánica (VEI), dependiente de la magnitud y la intensidad de las erupciones, por lo general se ha calculado con base a la masa magmática emitida (esto es, sólo la magnitud). En términos de intensidad (tasa de emisión), las erupciones del Chichón han superado a la de Colima 1913 por un orden de magnitud, y al Parícutín por 3 órdenes de magnitud. En los primeros catálogos, algunas de estas erupciones mostraban valores VEI de 3 para Parícutín y 4 para El Chichón. Recientemente, estos valores han sido reconsiderados y nuevos valores (4 y 5 respectivamente), más consistentes con las intensidades y los efectos han sido reasignados para los episodios completos (Siebert 2002, Com. Pers.).

Si la intensidad fue, sin duda, uno de los factores causantes del desastre de 1982, no fue el único. La falta de criterios estadísticos de la amenaza volcánica al nivel global, la ausencia de una percepción del riesgo volcánico en México derivada en parte de las relativamente poco destructivas erupciones anteriores, y la inexistencia de un sistema de respuesta del estado y la sociedad ante los riesgos geológicos hasta 1986 fueron también factores determinantes del desastre en una proporción tal vez mayor que la intensidad misma.

CHI-02

HISTORIA ERUPTIVA DURANTE EL HOLOCENO Y SU IMPACTO EN LA ACTIVIDAD HUMANA

Macías J.L. y Espíndola J.M.
 Instituto de Geofísica, UNAM
 E-mail: macias@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

Estudios estratigráficos recientes de los productos eruptivos del Volcán Chichón indican que durante los últimos 8,000 años ha tenido al menos 12 erupciones explosivas incluyendo la erupción de 1982. Estas erupciones han sido fechadas en 550, 900, 1250, 1500, 1600, 1900, 2000, 2500, 3100, 3700 y 7700 años A.P. mediante el método de C-14. Los productos juveniles de estos eventos han mantenido una composición traquiandesítica con pocas variaciones químicas importantes. Cinco de estas erupciones, ocurridas hace 550, 1250, 1500, 3700 y 7700 años tuvieron una magnitud similar o mayor a la de 1982 (VEI=4). Al menos tres de estas erupciones (550, 900 y 2000 años A.P.) han ocurrido sin un domo central en condiciones similares a las del cráter moderno y han producido oleadas piroclásticas húmedas.

La actividad del Chichón ha afectado localmente la actividad humana en sus alrededores, como se infiere del hecho de que han sido encontrados restos de cerámicas en los depósitos de las erupciones de 2500 y 1250 años A.P. Además, existen evidencias de que la actividad del Chichón tuvo un impacto regional importante durante el colapso del período Clásico de los Mayas.

CHI-03

CONDICIONES PRE-ERUPTIVAS DE LA ERUPCIÓN OCURRIDA HACE 550 AÑOS AP. EN EL VOLCÁN EL CHICHÓN, CHIAPAS: PETROLOGÍA EXPERIMENTAL

Mora J.C., Macías J.L., Gardner J.E. y Arce J.L.
 Instituto de Geofísica, UNAM
 E-mail: jcmora@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

Hace 550 años una erupción de tipo pliniano tuvo lugar en el volcán Chichón, este evento produjo una capa de pómez con un volumen superior, al de los depósitos producidos en la erupción de 1982. Contrariamente a esa erupción, este evento ocurrió a cráter abierto en condiciones similares a las actuales. Comparar las condiciones pre-eruptivas de estos dos eventos

es muy importante para determinar la evolución de la cámara magmática y de los magmas que han generado estas dos erupciones cataclísmicas.

Para determinar las condiciones pre-eruptivas de presión y temperatura del magma, se realizaron experimentos en los laboratorios de petrología de la Universidad de Fairbanks en Alaska. Para tal fin se seleccionó una muestra de pómez (B2) de la unidad B la cual fue triturada y pulverizada. Se colocaron ~2mg de roca pulverizada saturada con agua destilada en cada carga experimental que consiste en tubos de Ag70Pd30 de 2mm de diámetro. Cada una de las cargas fue sometida a una temperatura y presión constantes durante 4 días, hasta producir la estabilidad entre el fundido y los cristales en esas condiciones físicas. En total se realizaron ocho cargas experimentales a intervalos de temperatura entre 800° y 900°C y un intervalo de presión de agua (PH₂O) entre 1,000 y 2,500 bars. Posteriormente, cada carga fue sometida a un enfriamiento rápido con el objeto de obtener una muestra con cristales y vidrio característica de esas condiciones de presión y temperatura. En cada una de las muestras obtenidas se realizaron los siguientes análisis: características físicas de estabilidad e inestabilidad de las principales fases minerales con el microscopio petrográfico y composición química del vidrio (70-73.6 wt.% SiO₂) en la matriz con la microsonda electrónica (Cameca SX-50 con cuatro espectrómetros).

Los resultados obtenidos indican que antes de la erupción pliniana, ocurrida hace 500 años, el magma se encontraba a una temperatura de 825°-830°C. En cuanto a las condiciones de presión y se encontró una diferencia de 1500b entre lo estimado con el geobarómetro Al-hornblenda, y lo medido experimentalmente. Respecto al contenido de agua se obtuvieron condiciones sobresaturadas (5.3-6.1%) similares a las estimadas con el geohidrómetro plagioclasa-liquido.

Las temperaturas estimadas y medidas experimentalmente se correlacionan con las obtenidas entre 750° a 850°C, para el magma de la erupción de 1982. La presión calculada 4 kb y la presión medida experimentalmente de 2.5 kb difiere 1.5 kb y 0.5 kb respectivamente, de la obtenida para la erupción de 1982.

CHI-04

ERUPCIÓN PLINIANA DE HACE 550 AÑOS DEL VOLCÁN CHICHÓN, CHIAPAS: DISTRIBUCIÓN, VOLUMEN Y ALTURA DE COLUMNA

Arce J.L.¹, Macías J.L.¹, Espíndola J.M.¹ y Saucedo R.²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: arcejl@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

El Volcán Chichón es un cono piroclástico formado por una intensa actividad volcánica de tipo explosivo. Durante los últimos 8 mil años se han registrado 11 erupciones explosivas, dentro de las cuales destaca una erupción pliniana ocurrida hace 550 años. Esta erupción originó un depósito de caída

compuesto por fragmentos de pómez blanca, gris y bandeada, líticos accidentales y juveniles, así como cristales (hornblenda y plagioclasa) y fragmentos de vidrio. Los fragmentos de pómez son de composición tranquiandesítica (55 % en peso en SiO₂), con una asociación mineralógica principal de plagioclasa, hornblenda y clinopiroxeno.

El depósito es continuo, tiene un espesor máximo de 110 cm a 3 km del cráter y exhibe una cruda gradación asimétrica (inversa-normal), una mala selección y una bimodalidad en la granulometría (-3φ y 1φ). Su distribución tiene dos direcciones preferenciales: la este para la facies proximal y la noreste para la facies media. De acuerdo con la vesicularidad de la pómez (51-74 % vol.), el evento volcánico debió haber sido provocado por una sobre-presión del sistema magmático. Se estimó una tasa de emisión de 1×10^8 kg/s y una columna eruptiva de 31 km de altura. La mayor parte del material de la columna eruptiva fue dispersado por los vientos dominantes hacia el E-NE30°. El depósito formado cubrió un área de 1475 km² dentro de la isopaca de 10 cm de espesor, con un volumen total de 2.8 km³ (1 km³ Roca Densa Equivalente). Tomando en cuenta una densidad de 2.5 gr/cm³ para un magma traquiandesítico, se estimó una masa total de material expulsado de 2.4×10^{12} kg.

Dadas las condiciones actuales del Volcán Chichón, y sus incesantes signos de actividad (fumarolas, sismos, etc.), no se puede descartar un posible escenario eruptivo similar al ocurrido hace 550 años.

CHI-05

SISMICIDAD DETECTADA ANTES Y DURANTE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN EL CHICHÓN DE MARZO-ABRIL DE 1982

Z. Jiménez J. y J.M. Espíndola C.

Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: zenon@ollin.igeofcu.unam.mx

Entre el 28 de marzo y 4 de abril de 1982 ocurrió el último evento eruptivo del Volcán El Chichón, localizado en el estado de Chiapas, México, después de casi cien años de inactividad. Por sus características, ésta erupción fue de las mayores ocurridas en el siglo XX a escala global, y su impacto económico, social y ambiental en México, fue muy grande.

El evento estuvo precedido y asociada por una importante sismicidad. Para el análisis de la misma, recopilamos y analizamos sismogramas obtenidos antes y durante el proceso eruptivo, de dos fuentes. Una de ellas fue el acervo de sismogramas generados por la red de Chicoasén, que afortunadamente empezó a operar desde julio de 1979. La otra fue obtenida ex-profeso, puesto que después de la primera erupción del 28 de marzo y hasta el 30 de abril de 1982 los Institutos de Geofísica e Ingeniería instalaron varias estaciones temporales para registrar la actividad sísmica asociada al proceso eruptivo.

Del análisis de dichos datos se deriva: que la actividad precursora fue detectada por lo menos dos años y medio antes, cuando se inició de la operación de la red de Chicoasén, el 1 de julio de 1979. Además indican que se presentó una baja actividad sísmica precursora, de baja magnitud, de eventos tipo A, desde julio de 1979 hasta febrero de 1982, cuando se presentaron las primeras manifestaciones conspicuas de cambio en la actividad. Entre el 26 de febrero y el 28 de marzo de 1982 se observó un aumento de la actividad sísmica y un cambio de sus características: mayor magnitud en los eventos (el día 6 de marzo ocurrió un temblor de magnitud $M_c=4.0$, el mayor de todo el proceso eruptivo). Al principio de esta etapa se presentaron temblores tipo A, pero hacia el 23 de marzo empezaron a aparecer temblores tipo B así como tremores. Estos eventos probablemente estuvieron relacionados con el proceso de fracturamiento y circulación de fluidos debajo del volcán. La ubicación de los focos de los eventos ocurridos en esta etapa, se circunscriben en una región de quietud sísmica entre 7 y 13 kilómetros debajo del edificio volcánico. Después de varias semanas de actividad sísmica local y de algunas manifestaciones fumarólicas se inició el proceso eruptivo. Esta etapa explosiva comenzó con la ocurrencia de la primera erupción featomagmática del 28 de marzo a las 23:15 horas. Durante la crisis volcánica, entre el 28 de marzo y el 4 de abril, ocurrieron 7 erupciones, tres de ellas grandes explosiones freatomagmáticas. La última ocurrida el día 4 a las 5:30 (hora local) fue la de mayor intensidad. Cuatro de las pequeñas explosiones fueron acompañadas de tremores armónicos aislados e intermitentes. La sismicidad durante la crisis se caracterizó por la ocurrencia de eventos tipo B y tremores. Los focos de los temblores se distribuyeron a lo largo de zonas de debilidad al N-NE del volcán. Después de la última erupción, a las 5:30 del 4 de abril, el carácter de la actividad sísmica cambió radicalmente al ocurrir únicamente temblores tipo A, tectono-volcánicos, cuya frecuencia pico de ocurrencia alcanzó hasta 180 eventos/hora. La localización de los focos durante esta etapa se ubicó en una región que incluye la zona previamente determinada de quietud sísmica, estando aparentemente limitada por las mayores fallas tectónicas en el área. Las soluciones de mecanismo focal compuesto obtenidas con los eventos de la última fase, revelan el efecto de los esfuerzos locales creados por el abatimiento de presión en el área de la fuente, así como los efectos de los esfuerzos regionales.

CHI-06

LA SISMICIDAD ASOCIADA A LAS ERUPCIONES DE 1982 DEL VOLCÁN CHICHÓN A LA LUZ DE UN MODELO DE CÁMARA MAGMÁTICA

Juan Manuel Espíndola Castro y Zenon Jiménez Jiménez
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: jmec@servidor.unam.mx

En un trabajo reciente, Scandone y Giacomelli (J. Volcanol. Geotherm. Res, 110,121-136, 2001) propusieron un modelo de masa arrojada en erupciones explosivas basada en el cálculo

de masa desplazada como consecuencia del crecimiento de burbujas. En este trabajo presentamos un generalización de dicho modelo y su aplicación a la erupción del Chichón de 1982. A través de este modelo explicamos algunos de los rasgos de la erupción del Chichón. Estos rasgos incluyen la ocurrencia de enjambres de sismos volcánicos entre las erupciones del 28 de marzo y el 3 de abril de 1982 así como la sismicidad de tipo volcano-tectónico ocurrida después de las erupciones. El modelo da resultados satisfactorios en lo que respecta a la masa arrojada con una cámara magmática de 2km de radio a 8 Km de profundidad bajo el volcán. Estos datos son consistentes con los datos sismológicos y petrológicos.

CHI-07

VEINTE AÑOS DE MONITOREO GEOQUÍMICO DE LA LAGUNA CRATÉRICA DEL CHICHÓN

M.A. Armienta¹, S. De la Cruz-Reyna¹, S. Ramos², J.L. Macías¹, A. Aguayo¹, N. Cenicerós¹ y O. Cruz¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: victoria@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Subsecretaría de Protección Civil, Gobierno del Edo. de Chiapas y UNICACH

Desde 1983 hemos estudiado la geoquímica de la laguna cratérica del volcán Chichón. Los resultados obtenidos se han utilizado para analizar el proceso post-eruptivo y evaluar el peligro volcánico. Este es el monitoreo que cubre el mayor rango de tiempo en ese volcán. Los análisis rutinarios han incluido parámetros físico-químicos como pH, temperatura, iones principales, boro, fluoruro, Fe, sulfuros y sílice. Desde 1985, todas las determinaciones se han efectuado en el Laboratorio de Química Analítica del Instituto de Geofísica de la UNAM, por métodos de potenciometría, volumetría, espectrofotometría UV-visible, espectrofotometría de emisión y de absorción atómica.

Los valores de pH se incrementaron desde la primera determinación en el lago en 1983 hasta 1986 (de 0.56 a 2.33) y han fluctuado alrededor de este último valor hasta el presente (1.98 en agosto de 2002). La conductancia muestra grandes fluctuaciones con una tendencia general decreciente, en el rango de 83800 uS/cm (1983, Casadevall et al., 1984) a cerca de 2000 uS/cm (diciembre de 1998). La abundancia relativa de los iones principales se ha modificado a través del tiempo; en 1983 el agua era de tipo clorurada-cálcica; en 1991 cambió a sulfatada-mixta y a partir de 1992 ha predominado el tipo clorurada-sódica, excepto en algunas fechas que se puede clasificar como sulfatada mixta o cálcica. Desde 1985, las concentraciones de los cationes producidos por la disolución del entorno rocoso disminuyeron de manera similar. Los iones cloruro, sulfato y fluoruro, de posible origen magmático han mostrado también fluctuaciones con una tendencia general a decrecer. Los niveles molares de cloruro han sido generalmente mayores que los de sulfato (hasta por dos órdenes de magnitud) y han variado sin mostrar correlaciones claras. Las fluctuaciones en las concentraciones

de sulfato pueden atribuirse a procesos de óxido-reducción. Así mismo pueden derivarse de procesos de disolución-precipitación, ya que los cálculos efectuados con modelos geoquímicos (MINTEQA2, PHREEQCE) han mostrado índices de saturación cercanos al equilibrio para yeso y anhidrita. Con estos modelos se han determinado también cambios temporales en la distribución de especies, principalmente para azufre, calcio y magnesio. Una alta correlación entre boro y cloruro ($r=0.97$) sugiere una fuente común para ambas especies, probablemente derivada de la disolución de gases volcánicos. La relación Mg/Cl refleja los cambios de composición arriba mencionados y su posible influencia magmática, junto con el efecto de las condiciones climatológicas. Así pueden reconocerse 3 regímenes asociados a la combinación de estos efectos: el primero, de mayor influencia magmática con una tendencia decreciente entre 1983 y 1987, el segundo, hasta 1992, sugiere un enfriamiento del sistema y una evolución hacia una condición de sistema geotérmico con una gran influencia de las rocas del entorno, y el tercero a partir de 1992 y hasta el presente, sugiere la definición de un sistema geotérmico más estable. En resumen, las variaciones químicas globales de los últimos 20 años muestran un decremento de la influencia magmática en la laguna cratérica, un incremento de la influencia hidrometeorológica y una estabilización del sistema geotérmico.

CHI-08

AMBIENTE ESTRUCTURAL DEL VOLCÁN CHICHÓN, CHIAPAS

García-Palomo A., Macías J.L. y Espíndola J.M.
 Depto. de Geología Regional, Instituto de Geología, UNAM
 E-mail: apalomo@geol-sun.igeolcu.unam.mx

El volcán Chichón se localiza a nivel regional dentro de la Provincia de Fallas Transcurrentes de Chiapas, la cual está caracterizada por una serie de bloques levantados y hundidos, delimitados por grandes fallas con movimiento lateral izquierdo. Localmente, el volcán se encuentra emplazado en rocas sedimentarias que varían en edad del Cretácico superior al Mioceno medio, las cuales constituyen una serie de pliegues en echelon denominados sinclinal Buena Vista y los anticlinales La Unión y Caimba cuyos ejes tiene un rumbo general NW-SE. Estos pliegues están cortados por un sistema de fallas conjugadas laterales; el primer sistema tiene un rumbo N-NW y son fallas laterales derechas, mientras que el segundo sistema tiene un rumbo E-W y movimiento lateral izquierdo.

La falla San Juan que pertenece a este último sistema ha jugado un papel importante en el emplazamiento y la actividad del Volcán Chichón, dado que esta falla pasa por debajo del volcán y a la presencia de un dique de composición traquibasáltica (1.5 Ma de edad) emplazado a lo largo de la misma cerca del poblado de Chapultenango. Otra estructura que ha influenciado en el emplazamiento del volcán es el semigraben de Chapultenango el cual tiene un rumbo N45°E con buzamiento hacia el NW. El análisis de inversión de estrías

de falla, grietas de tensión, deslizamientos capa a capa, estilolitas y ejes de micropliegues conjuntamente con el análisis regional, ha permitido inferir una dirección de paleoesfuerzos N70°E que actúa desde el Mioceno y el cual es el causante de la deformación en la región.

CHI-09

MASS BALANCE AND DYNAMICS OF EL CHICHON CRATER LAKE

Dmitri Rouwet and Yuri Taran
 Instituto de Geofísica, UNAM
 E-mail: taran@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

The crater lake of El Chichon volcano formed after the 1982 eruption, now is a large (app 200x600 m²), shallow water reservoir with a variable depth of 1.5 to 3.5 m, variable salinity (10 to 4000 ppm of Cl), close to the constant pH (2.3 to 2.6), and the only one source of Cl, which is a boiling spring or group of springs inside the crater. These geyser-like springs are characterized by a variable discharge, from 0 to 50 kg/s of a saline (6 to 14 g/l of Cl), almost neutral water (pH=6.5-6.8). The origin of this water is unclear. It is isotopically heavy, showing a significant fractionation due to shallow boiling and precipitates amorphous silica enriched in a complex set of reduced minerals. The most unusual feature of these springs is their periodic behavior: approximately every three years they stop discharge water, and during several months discharge only wet, Cl-free and CO₂-enriched fumarolic steam. During these periods, the Cl-content of the lake water decreases up to a few ppm, and the water balance of the lake is controlled only by precipitations, infiltration and evaporation.

Within such "Cl-free" periods we could estimate these three constituents of the water balance assuming that the "catchment" area for meteoric contribution is the whole surface of the crater, and evaporation depends on the temperature and the wind speed according to the Adams et al. (1990) semi-empiric rules. The fate of the Cl in the lake was evaluated using a box-model with the input-output parameters estimated by different ways. Changes in the volume of the lake were calculated using a simplified photo-geodetic method.

The Cl-content of the "geysers" water monotonically decreases over time from 14 g/l in 1995 to 6 g/l in 2002. The extrapolated to the 1983 Cl content of this water is 24 g/l, which is exactly the Cl-concentration in the crater lake water in 1983 (Casadewall *et al.*, 1984). A conceptual model for the volcanic-hydrothermal system of El Chichon is based on a suggestion that "geysers" are fed from the buried during 1983-1984 crater lake, heated by a magmatic source. It was suggested also, that the approximately 3-year periodicity of "geysers" is caused by a periodically formed steam cap of a large volume ($>10^5$ m³) beneath the NE fumarolic field of the volcano.

CHI-10

AGREGADOS DE CENIZA EN LOS DEPÓSITOS DE OLEADAS PIROCLÁSTICAS DE LA ERUPCIÓN DE 1982 DEL VOLCÁN CHICHÓN

Teresa Scolamacchia y José Luis Macías V.
Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: tete4@hotmail.com

El análisis de varios horizontes de los depósitos de oleada piroclástica S1, U.I. y S3 producidos durante las explosiones ocurridas el 4 de Abril de 1982, evidenció la presencia de diferentes tipos de agregados constituidos por cristales, pómez, esquirlas de vidrio y, en algunos casos, fragmentos líticos accidentales. Con base en las características morfológicas se distinguieron 4 diferentes tipos de agregados: a) irregular, b) esférico desprovisto de núcleo (lapilli acrecional), c) esférico con un núcleo constituido por fragmentos juveniles o accidentales (lapilli armado), d) cilíndrico generalmente desprovisto de núcleo. Los primeros tres han sido descritos en la literatura tanto en depósitos como en estudios experimentales. El tipo d de forma cilíndrica, no ha sido antes reportado. La presencia de hojas y fragmentos vegetales sin carbonizar de dimensiones milimétricas, sugiere que éstas fungieron de centro de agregación para este último tipo de agregado. El análisis morfológico al M.E.B. de los diferentes tipos de agregados, evidenció que la mayor parte de los cristales y esquirlas de vidrio en su interior están fracturados o rotos indicando que durante el proceso de agregación ocurrió un contraste térmico al contacto con la matriz más fina y fría, presente en el interior de las nubes.

Todos los agregados fueron encontrados exclusivamente en los horizontes de oleadas piroclásticas húmedas (wet surges) sin tener ninguna relación con su posición estratigráfica ni con la distancia a la fuente.

Estas evidencias indican que durante las fases más violentas de la erupción de 1982, ocurrió una alternancia entre eventos magmáticos e hidromagmáticos. Las nubes piroclásticas contenían vapor en fase de condensación o agua líquida, junto con fluidos ácidos y partículas. Considerando los agregados tipo d que se formaron alrededor de fragmentos vegetales milimétricos, sin carbonizarlos, la temperatura debió ser inferior a los 100°C.

CHI-11

EFFECTOS SECUNDARIOS DE LA ERUPCIÓN DE 1982 DEL VOLCÁN CHICHÓN: LOS FLUJOS HIPERCONCENTRADOS DEL 26 DE MAYO DE 1982

Macías J.L.¹, Capra L.², Scott M.K.³, Espíndola J.M.¹, García-Palomo A.⁴ y Costa J.³

¹ Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: macias@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
² Instituto de Geografía, UNAM
³ Cascades Volcano Observatory, USA
⁴ Instituto de Geología, UNAM

Durante la erupción del Chichón de 1982 se generaron una serie de depósitos piroclásticos y volcanoclásticos. En particular, durante la fase III ocurrida el 4 de abril, tuvo lugar la destrucción del domo central originando una serie de flujos de bloques y ceniza que se emplazaron en las principales barrancas, alterando la red hidrográfica del volcán. Los flujos que bajaron por las barrancas Tuspac y Agua Tibia represaron el río Magdalena, formando un lago temporal caliente que inundó el poblado de Francisco León. El lago alcanzó rápidamente una extensión de 4 km de largo y 400 m de ancho, con un volumen de 26'106 m³ para finales de abril y de 40'106 m³ la primera quincena de mayo. El 26 de mayo el dique piroclástico cedió originando una secuencia de flujos de escombros con temperaturas que alcanzaron hasta 82°C a 10km de distancia. Estos flujos inundaron el pueblo de Ostucán y alcanzaron la planta hidroeléctrica de Peñitas, ocasionando la muerte de una persona y quemando gravemente a otras tres.

Las evidencias estratigráficas y sedimentológicas sugieren que el rompimiento de la represa dio origen a dos flujos hiperconcentrados, seguidos por al menos otros cinco de menor volumen. La secuencia de flujos hiperconcentrados dejó depósitos hasta una distancia de 15 km, en un punto en donde el río Ostucán confluye con el río tributario Maspac. A partir de este sitio, el flujo se diluyó para transformarse en un flujo de agua cargado de sedimento.

Con base en estas evidencias, el uso de las marcas de flujo y nuevas secciones topográficas transversales a lo largo del río Magdalena, se reconstruyó el comportamiento del flujo utilizando el código DAMBRK del Servicio Nacional del Agua (EUA). Este modelo arrojó una descarga pico en la represa de 11,000 m³/s una hora después de la ruptura, y un tiempo total de dos horas para el drenado total del lago.

CHI-12

VOLCAN CHICHÓN, ASPECTOS AMBIENTALES, A 20 AÑOS DE SU ERUPCIÓN

Ramos Hernández S.G.

Académica de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
E-mail: silviaramos@terra.com.mx

El volcanismo y sus efectos en el ambiente, son rasgos geológicos permanentes que han contribuido significativamente en la construcción del paisaje sobre la litosfera. A través de la historia evolutiva de las regiones volcánicas del planeta una y otra vez ha sido la responsables de los cambios importantes en las condiciones terrestres, humanas y en la atmósfera, afectando los climas, sobre la diversidad biológica, extinción de especies, en el cambio de los cursos de ríos y desde los tiempos prehistóricos hasta nuestros días han obligado a habitantes de muchas culturas a emigrar y cambiar el curso de sus historias, sin embargo una vez que éstas regiones se regeneraron ambientalmente existió la tendencia a regresar, ante la seguridad de encontrar suelos fértiles y climas que propiciaron actividades agrícolas exitosas que promovieron nuevamente el ciclo de sus culturas.

En Chiapas, con la erupción del Volcán Chichón en marzo y abril de 1982, en el norte del Estado, alrededor de 25 km², de su área geográfica fueron afectados por la emisión los productos volcánicos. Entre los cambios mas significativos en un radio de 10 km por la erupción los daños fueron totales, la desaparición completa de flora y fauna, de los cultivos, cambios en la topografía, condición y azolve de los ríos, desapareciendo la fauna acuática y cambiando el curso de los ríos, modificaciones en los climas locales, regionales y aun globales, y sepultando a mas de 2000 personas bajo los productos de los flujos piroclásticos, así como produciendo a más de 20 000 personas desplazadas del área dañada.

En la región del Volcán Chichón, antes de la erupción de 1982, se tienen registros de la presencia de vegetación típica de selvas altas y medianas perennifolias. Esta vegetación fue destruida totalmente por los productos de la erupción que sepultaron y calcinaron todo tipo de vida alrededor de los 10 kms a la redonda.

Después de la erupción, los factores formadores del ambiente, principalmente por la acción climática han favorecido la restauración natural, paulatina, con los procesos ecológicos de sucesión y colonización de la vegetación con especies de plantas pioneras. Este proceso fue lento en los primeros cinco años y se ha tornado muy dinámico después de los primeros 10 años. Esta dinámica es muy interesante y poco usual en regiones volcánicas, y está contribuyendo a la transformación de aquel paisaje inhóspito de la erupción en 1982, a una zona de regeneración, al volcán verde.

El presente trabajo resumen los avances del proyecto Ambientes Volcánicos que se lleva a cabo en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, cuyo objetivo general es el

conocimiento y caracterización de la biodiversidad en la legión Volcánica del Chichón, Chiapas, México, su relación con la geología, la formación de suelos, clima, los mecanismos biológicos de la restauración y sucesión vegetal, la diversidad y abundancia de las principales especies pioneras, las relaciones de esta riqueza natural con las actividades agropecuarias de las comunidades en los municipios de influencia. Al mismo tiempo se tiene el proyecto denominado "Percepción del Riesgo Volcánico", que tiene como propósito por un lado explicar las razones por las cuales las poblaciones están retornando y por otro lado, servir como base para la aplicación de las acciones preventivas por éste tipo de riesgos en esta zona.

CHI-13

ACCIONES GUBERNAMENTALES EN EL MONITOREO DEL VOLCAN CHICHÓN

Ramos Hernández S.G.

Coordinadora de Monitoreo Volcanológico-Sismológico,
Subsecretaria de Protección Civil, Gob. del Edo. de Chiapas
E-mail: silviaramos@terra.com.mx

Desde la óptica de la protección civil, la actividad volcánica y sísmica en el Estado de Chiapas que se presentó durante el siglo pasado, así como los efectos que estos desastres ocasionan en el ámbito de la economía, al ambiente y a la sociedad en general, hace que se considere al territorio chiapaneco como una de las regiones más vulnerables del país.

El Volcán Chichón, está situado a los 17°72' latitud norte y 93°14' de longitud oeste, a unos 350 kms de la trinchera mesoamericana. Luego de manifestarse con incipientes fumarolas durante los primeros meses de 1982, el Volcán entró en actividad violenta el 28 de marzo y el 3 y 4 de abril, originándose columnas eruptivas que se elevaron más de 17 Km, generando una gran dispersión de cenizas y flujos piroclásticos cuyas cenizas destruyeron y sepultaron total o parcialmente la región dentro de un radio de 15 kms a la redonda.

Por tal motivo, en el marco del Sistema Nacional de Protección Civil, y del Sistema Estatal de Protección Civil 2001-2006 se ha venido trabajando en el diseño y desarrollo de un Programa Operativo de Protección Civil para el Volcán Chichón, enfocado a la zona que comparten principalmente los municipios de Francisco León, Chapultenango, Pichucalco y Ostucán, y en menor medida Ixtacomitán, Sunuapa, a efecto de proteger a la población, sus bienes y el entorno, ante la posible ocurrencia de una calamidad derivada de la actividad ó reactivación del mismo.

Este Plan Operativo incorpora los avances que hasta la fecha se han logrado en el diseño y desarrollo de sistemas tecnológicamente avanzados para el monitoreo y pronóstico de la actividad del volcán, así como con las experiencias, asesoría y trabajos conjuntos obtenidas de las investigaciones efectuadas principalmente en el Instituto de Geofísica de la UNAM, el Centro Nacional de Prevención de Desastres, el Servicio

Sismológico Nacional, y el Sistema Nacional y Estatal de Protección Civil, sobre los distintos episodios ocurridos en la erupción del Volcán Chichón en 1982, de otros volcanes activos en los últimos años, y de la normatividad existente en materia de protección civil.

Este trabajo presenta las principales acciones que el Gobierno del Estado de Chiapas realiza en la presente administración, conjuntamente con las instituciones arriba señaladas y con la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, para la instrumentación de la vigilancia y monitoreo volcanológico-sismológico, y al establecimiento del Plan Operativo Volcán Chichón, en la cual participan instituciones del orden federal, estatal, municipal, de los sectores privados y de la población del Volcán, en los distintos aspectos de la prevención, auxilio y recuperación.

CHI-14

PROPUESTA DE INSTRUMENTACIÓN DEL VOLCÁN EL CHICHÓN

Enrique Guevara¹, Roberto Quaas¹, Silvia Ramos², Gilberto Castelán¹, Javier Ortiz¹ y Ana Alarcón¹

¹ Centro Nacional de Prevención de Desastres

E-mail: gilberto@cenapred.unam.mx

² Subsecretaría de Protección Civil del Estado de Chiapas

El volcán Chichón es uno de los 14 volcanes considerados activos en México. Se localiza al SE de Ostucán y SW de Ixtacomitán, en las coordenadas 17.36°N y 92.23°W en Chiapas, con una altitud de 1260 msnm. En marzo y abril de 1982, este volcán presentó actividad, con erupciones explosivas, abundante lluvia de cenizas, y flujos piroclásticos que destaparon el domo del cráter, causando daños a tierras cultivables, ganado y desafortunadamente se registraron pérdidas humanas y miles de damnificados. Adicionalmente el Chichón inyectó a la atmósfera una enorme cantidad de material; partículas líquidas y sólidas formaron una densa nube que se extendió rápidamente hacia el oeste y en tres semanas ya formaba un cinturón alrededor del mundo.

Actualmente este volcán continúa activo, con presencia de actividad fumarólica e hidrotermalismo en su cráter. Por su historia eruptiva y la actividad presente, se considera indispensable mantener vigilado al volcán mediante un sistema básico de monitoreo que permita reconocer en forma oportuna cualquier actividad anómala que represente un riesgo.

Durante el año 2001, se iniciaron los trabajos de selección de sitios para la instalación de una estación sísmica, como parte de un proyecto conjunto de monitoreo del volcán, entre el CENAPRED y la Unidad de Protección Civil de Chiapas.

Para este proyecto se contará próximamente con el apoyo del Servicio Geológico Norteamericano (USGS), a través del Programa de Asistencia de Desastres Volcánicos (VDAP) que proporcionará apoyo económico para la compra de equipo de monitoreo para el volcán Chichón.

La red de monitoreo constará de 3 estaciones sísmicas uniaxiales de periodo corto, un centro de registro y repetición en la población de Chapultenango, cerca del volcán y un puesto central de registro en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez la cual contará con un sistema de adquisición de datos "Earthworm".

Esto permitirá el intercambio de información a través de Internet con otras instituciones de investigación. Se tiene contemplado instalar en un futuro próximo una cámara de video en tiempo real que permita obtener imágenes de la actividad en el interior del cráter.

La instalación, operación y mantenimiento de dicha red contará con la participación de varias instituciones, entre ellas Protección Civil de Chiapas y el CENAPRED.

Con esta instrumentación básica se podrá contar con un monitoreo del volcán, y se sumará a los esfuerzos realizados por otras instituciones.

Sesión Especial

Fracturamiento y Subsistencia en Depósitos Recientes

Martes 5

SALA B

CARACTERIZACIÓN DIRECTA E INDIRECTA

FSDR-01

CAMBIOS EN LA RIGIDEZ DEL SUELO DEBIDO A LOS ESFUERZOS DE TENSIÓN, EXPLICACIÓN DEL MECANISMO DE AGRIETAMIENTO EN SUELOS

Alfonso Alvarez Manilla Aceves y Guadalupe E. I. Martínez Peña
Instituto Mexicano del Transporte
E-mail: amanilla@imt.mx

En las superficies del agua subterránea, inmersas en los conos de abatimiento, cambia drásticamente el campo de esfuerzos efectivos, generando tensiones que cuando son mayores a la rigidez del suelo provoca la aparición de dos fases últimas de la deformación por flujo hidrodinámico: Fase 2, Generación de Grietas de Tensión y la Fase 3, Crecimiento de Fallas de tensión.

Se presenta la manera de medir la rigidez del suelo, su resistencia a la tensión y se compara con el campo de esfuerzos efectivos en campo en zonas donde han aparecido grietas y fallas de tensión por sobreexplotación del acuífero y la extracción de vapor: como son los Valles de Querétaro, Celaya, Aguascalientes y la Unidad de Tejamaniles en el Campo Geotérmico de los Azufres.

FSDR-02

COMPORTAMIENTO HIDROMECAÍNICO DE SEDIMENTOS LACUSTRES EN VALLES VOLCÁNICOS: CASOS DE CHALCO Y QUERÉTARO

Dora Carreón Freyre y Martín Hernández Marín
Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro
E-mail: mhmarin@geociencias.unam.mx

En este trabajo se presentan los resultados del estudio de la variabilidad de las propiedades hidromecánicas de sedimentos vulcanolacustres, en lo que se refiere a sus condiciones de deformación y de flujo del agua de poro, y se correlacionan con sus propiedades geológicas y físicas. La consolidación mecánica de los sedimentos limo-arcillosos que rellenan valles volcánicos se manifiesta en la superficie como subsidencia. Esta consolidación se refiere a la deformación unidimensional que sufren diferentes tipos de materiales sedimentarios finos, que generalmente presentan una alta superficie específica y una alta porosidad, debido al desplazamiento del agua de poro en la matriz del suelo y a la eventual deformación de la fase sólida. La deformación diferencial de materiales heterogéneos puede llevar a su fracturamiento debido a la concentración de esfuerzos de cizalla que pueden ser estimados a partir de la correlación entre la compresibilidad, plasticidad, granulometría y permeabilidad de los diferentes materiales que integran la

secuencia fluvio-lacustre. Se comparan dos secuencias sedimentarias en cuencas con diferentes historias geológicas recientes en los valles de Chalco y Querétaro, poniendo de manifiesto la importancia de la historia de deposición y evolución de los sedimentos en su comportamiento hidromecánico. Estas secuencias comprenden intercalaciones de material piroclástico con alternancias de limos y arcillas con diferente orden de cristalización y con contenidos variables de materia orgánica. Se analiza también la influencia de interdigitaciones de rocas volcánicas en el perfil de suelos como otro factor generador de deformación diferencial. Con los resultados obtenidos se pretende avanzar hacia criterios específicos de zonificación geotécnica y al establecimiento de riesgo de fracturamiento en las zonas estudiadas que pueden ser extrapolados a áreas urbanas con problemas similares.

FSDR-03

CARACTERIZACION DE PROCESOS DE SUBSIDENCIA-CREEP-FALLA EN SEDIMENTOS LACUSTRES POR MEDIO DEL RADAR DE PENETRACION TERRESTRE (GPR)

R. Alvarez¹, D. Ibáñez-Garduño², V.H Garduño-Monroy³, I. Israde-Alcantara³, E. Arreygue-Rocha³ y J. Hermance⁴

¹ Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM

E-mail: rab@leibniz.iimas.unam.mx

² Instituto Mexicano del Petróleo, Campeche

³ Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH, Morelia

⁴ Department of Geological Sciences, Brown University

El proceso de subsidencia-creep-falla (PSCF) se observa en múltiples lugares; sin embargo, cuando ocurre en zonas urbanas es particularmente dañino. Algunas de las áreas afectadas por este tipo de fallas se observa en Ravena, Italia, en la zona de Houston-Galveston en Texas, Las Vegas, Nevada y en México en varias ciudades del centro de la república como Aguascalientes, Celaya, Morelia y Querétaro, todas ellas localizadas sobre antiguas cuencas lacustres. El proceso de subsidencia se encuentra asociado en las ciudades a sobre-explotación de acuíferos y exacerbado por condiciones climáticas adversas, como la presencia del fenómeno de El Niño. Aquí hemos escogido a la ciudad de Morelia como zona de estudio para caracterizar este tipo de procesos, con ayuda del radar de penetración terrestre (Ground Penetrating Radar, o GPR) y apoyados en observaciones geológicas directas en zanjas. Efectuamos levantamientos perpendiculares al rumbo de falla en una docena de lugares afectados en la ciudad de Morelia con el método de reflexión y antenas de 50 Mhz, logrando penetraciones que variaron entre 6 y 10 m. Los radargramas fueron filtrados para disminuir la influencia de las ondas directas de aire y tierra; utilizamos una ganancia de control automático para permitir la extracción de las señales más tenues a profundidad. Los resultados muestran que además de la falla principal se detectan fallas sintéticas y antitéticas a la misma. La zona de influencia en ambos lados de la falla varía de 15 a 50 m, encontrándose mayores alteraciones en el bloque caído de la falla. Aunque los desniveles en superficie no

llegan a un metro, hay lugares que reflejan, en el subsuelo varios metros de desnivel. En todo caso el control estructural lo ejercen las fallas en el basamento. Estos resultados permiten definir las zonas de riesgo antes de hacer construcciones que serán afectadas posteriormente por estas fallas.

FSDR-04

ANÁLISIS DE SUBSIDENCIA EN LA CIUDAD DE MÉXICO MEDIANTE INSAR Y GPS

Enrique Cabral-Cano¹, Timothy H. Dixon² y Osvaldo Sánchez¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: ecabral@igeofcu.unam.mx

² Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Sciences, University of Miami, Miami, FL., USA

La interferometría de radar de apertura sintética (InSAR) es una técnica que calcula el patrón de interferencia causado por la diferencia de fase entre dos imágenes adquiridas por un sistema de Radar de Apertura Sintética (SAR). En este trabajo se presentan los resultados del análisis de subsidencia en la zona metropolitana de la Ciudad de México basados en InSAR y GPS.

El análisis de InSAR se llevó a cabo utilizando técnicas de triple paso con imágenes SAR adquiridas en Febrero-Mayo 1996 y Julio 1999 - Marzo 2000. Los resultados indican que la mayor subsidencia se detecta en el área de Cd. Nezahualcóyotl, al oriente de la Ciudad de México. Esta zona sufrió una subsidencia de 184 mm durante 1999-2000, que representa una tasa de subsidencia anual de aproximadamente 383 mm/año. Este valor es muy cercano a las tasas máximas de subsidencia registradas en el centro de la ciudad a mediados del siglo pasado. En el centro histórico de la Ciudad se observa una subsidencia de 55 mm durante 1999-2000, lo cual implica una tasa de hundimiento de 115 mm/año.

Para validar estos interferogramas se determinó el movimiento vertical que presentan las estaciones AIBJ (Aeropuerto Internacional), UIGF (Ciudad Universitaria) y UCHI (Cerro Chiquihuite) a partir de técnicas de GPS durante los últimos 6 años. El procesamiento de GPS muestra que la zona del Aeropuerto Internacional Benito Juárez presenta una tasa de hundimiento de 291 mm/año. Los interferogramas indican un hundimiento de 100 mm para 1996 y de 148 mm en 1999-2000, lo cual equivale a una tasa anual de 347 mm/año (1996) y de 309 mm/año (1999-2000). En contraste, la zona poniente del área metropolitana muestra un movimiento que no es significativo; esto se comprueba mediante las estaciones de GPS UIGF y UCHI donde el movimiento vertical es despreciable.

Los resultados indican que los períodos observados mediante InSAR presentan tasas de subsidencia que son muy similares a las tasas determinadas por GPS que cubren un período de más de 7 años observados lo cual indica que no se trata de variaciones estacionales, sino de un proceso continuo y de gran magnitud. La correlación del patrón interferométrico

con las unidades estratigráficas cartografiadas con anterioridad indican que la distribución geográfica del proceso de subsidencia está controlado primordialmente por la consolidación de arcillas de origen lacustre. La comparación de ambos resultados es excelente considerando los márgenes de error de cada método. Estos resultados, aunados a la gran coherencia de las imágenes en la zona urbana a lo largo de varios meses, indican que la técnica de InSAR es un método viable para mantener una estrecha vigilancia de los procesos de subsidencia.

FSDR-05

LAS FRACTURAS DE DESECACION DE LA CIUDAD DE MEXICO

Luis Silva Mora y Julia Rivera Jaramillo

Instituto de Geología, UNAM

E-mail: lsilva@servidor.unam.mx

Dirección General De Construcción Y Operación Hidráulica

El valle de México contiene en su parte central y suroccidental, el área urbana de la ciudad de México, que tiene una altitud promedio de 2,240 m.s.n.m., y se localiza en la parte central del Arco Volcánico Transmexicano. Las sierras que lo circundan, originan una cuenca endorreica con desagüe artificial, pues el drenaje natural hacia la cuenca hidrográfica del Río Amacuzac fue interrumpido, propiciando la formación de un lago en la parte sur de este, al norte de la sierra Chichinautzin. Lago que recibió los productos de la erosión del relieve en su entorno, así como los productos de cortos y locales eventos volcánicos, materiales que lo azolvieron paulatinamente. El relleno en general, esta constituido por material volcánico y tobas retrabajadas, intercalado basicamente con material lacustre y aluvial en las partes centrales de la cuenca y zonas de transición.

La formación de grietas o fracturas de desecación en la ciudad de México, aparentemente se debe a la riqueza de arcilla como uno de los componentes principales en las capas que forman el suelo y subsuelo del valle. Razón por la que la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (D.G.C.O.H) desde 1996 ha implementado un programa para el monitoreo periódico del movimiento y comportamiento en las grietas que se forman en esos materiales. Esto se apoya en un levantamiento topográfico de precisión que ha permitido conocer tres direcciones de movimiento que ocurre en dichas estructuras; dos son horizontales de dirección Norte-Sur y Este-Oeste, el tercero es vertical para cada uno de los puntos de control establecidos. El método topográfico para medir el movimiento horizontal en las grietas; tiene como base una poligonal de apoyo, y puntos de control que forman secciones transversales perpendiculares a la traza de la fractura, la altitud se establece con una nivelación diferencial que define la altura en relación al nivel del mar para cada uno de los puntos establecidos. Este proceso permite una clasificación inicial de las grietas, así como el tipo de monitoreo que cada caso requiere, en función de los siguientes criterios:

1.- Cuantas y cuales son las instalaciones de la D.G.C.O.H. que están o pueden ser afectadas por la actividad de esas estructuras.

2.- En que zonas de la ciudad, la red de distribución de agua potable y drenaje puede ser o esta afectada por dichas grietas.

3.- Es una sola fractura o forma un sistema, que longitud y amplitud tiene la zona de fracturamiento, afecta obras de otras instituciones o pueden afectar la actividad de esta o estas.

4.- Si la obra ya esta dañada que tipo de daño presenta, es un ducto o tubería rota, tipo de construcciones, existen o tienen fugas que originen socavamiento o tubificaciones que debiliten obras de importancia?.

Estos criterios permiten la clasificación arbitraria y preliminar de las grietas, su descripción y localización. Son los elementos que forman la primera parte de este trabajo, los criterios anteriores se establecen en función de las evidencias megascópicas que cada fractura presenta, y permiten su correlación con relación a estructuras civiles, relieve, rasgos morfológicos y tectónicos, lo que permitirá finalmente establecer las relaciones que estas tienen con la tectónica que actualmente actúa en el valle de México.

CASO DE ESTUDIO: QUERÉTARO

FSDR-06

CONFIGURACIÓN DEL BASAMENTO Y AGRIETAMIENTOS SUPERFICIALES DEL SUELO EN EL VALLE DE QUERÉTARO

Pacheco M. Jesús y Arzate Jorge A.
Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.
E-mail: pachecojm@yahoo.com.mx

En varias ciudades del País tales como Aguascalientes, Abasolo, Celaya, Irapuato, Morelia, Querétaro, Silao, Zapopan, etc., los agrietamientos inducidos han causado daños severos a la obra civil y se pueden asociar en primera instancia a los hundimientos de suelo por consolidación debida a la extracción de fluido del subsuelo. En todos estos casos existe una obvia relación entre los abatimientos de los niveles freáticos, los hundimientos de terreno y la aparición de agrietamientos.

Una característica común entre éstas zonas urbanas es que están localizadas en cuencas tectónicas rellenas de sedimentos terciarios y cuaternarios, flanqueados por fallas geológicas de carácter regional cuya influencia es determinante en la generación de agrietamientos. En el caso Querétaro, se ha observado una fuerte correlación entre la localización de agrietamientos y la presencia de importantes irregularidades en

el basamento "no compresible", que no es otra cosa que una unidad impermeable consolidada de profundidad variable (50-250 m) que constituye la base del acuífero superficial

Estudios previos en el valle de Querétaro así como otros estudios reportados en la literatura (Arroyo y colegas, 2001; Rucker y Keaton, 1996; Robert, 1979) han demostrado la utilidad de algunas técnicas geofísicas para estudiar el fenómeno de subsidencia, tales como refracción sísmica, micro gravimetría y sondeos audio-magnetotelúricos entre otros. Estas herramientas han permitido evaluar las condiciones estructurales del subsuelo en zonas específicas del valle de Querétaro cuyos resultados han sido útiles en la elaboración de modelos analíticos de subsidencia que permiten hacer predicciones tanto de la magnitud de los hundimientos como de la ubicación de zonas de riesgo de agrietamientos (Rojas y colegas, 2002). Sin embargo, a la fecha esto solo se puede hacer parcialmente debido a la limitada cantidad de datos disponibles. En este trabajo se muestra la utilidad de los estudios gravimétricos para definir el riesgo de la aparición de agrietamientos y se propone un análisis de curvas de anomalías gravimétricas como una herramienta que puede ser usada para identificar zonas potenciales de riesgo de agrietamientos.

FSDR-07

FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMECÁNICOS QUE CONDICIONAN LA EVOLUCIÓN DEL FRACTURAMIENTO EN EL RELLENO SEDIMENTARIO DE LA CIUDAD DE QUERÉTARO

Dora Carreón-Freyre¹, Mariano Cerca¹, Carlos Vargas-Cabrera¹,
Javier Gámez-González² y Juan Álvarez-Rodríguez²
¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla Qro.
E-mail: freyre@servidor.unam.mx

² Gerencia Estatal Querétaro, Comisión Nacional del Agua

En este trabajo se presenta un modelo conceptual sobre la evolución de la falla que afecta a la zona central de la Ciudad de Querétaro (Falla Central, FC). Desde hace ya varias décadas, se ha relacionado el desarrollo de fracturas y fallas en zonas urbanas ubicadas en valles con el abatimiento piezométrico que desequilibra los sistemas sedimentarios naturales. Sin embargo, la evolución de las fracturas esta condicionada principalmente por la interacción entre diversos factores geológicos y geomecánicos. Los factores geológicos tales como fallas pre-existentes y las condiciones de deposición del relleno sedimentario influyen en la evolución y geometría de la deformación superficial regional; mientras que los factores geomecánicos tales como heterogeneidades en la compresibilidad y permeabilidad de sedimentos fluviales, lacustres, depósitos piroclásticos y rocas volcánicas, controlan las variaciones de la deformación en escala local y en tiempos relativamente cortos.

Las deformaciones superficiales pueden además ser inducidas por cambios en las condiciones climáticas (como lluvias torrenciales) y por variaciones espaciales de la presión de poro en los diferentes estratos de la secuencia sedimentaria.

En el caso de Querétaro, el registro sedimentario obtenido del análisis de pozos muestra un depósito continuo y normalmente graduado desde la formación del valle en el Mioceno Tardío - Plioceno Temprano. La secuencia superficial limo-arcillosa alcanza en algunas zonas los 150 m de espesor. La elevación del valle se ubica en las cotas de 1800 y 1810 m.s.n.m., al poniente y al oriente de la FC respectivamente, pero las irregularidades topográficas mayores son hacia el oriente. La FC tiene una traza lineal que une dos segmentos de falla normal orientados ~N-S y desplazamientos mayores de 100 m que afectan rocas volcánicas en los márgenes norte y sur del valle. La FC presenta variaciones importantes en su desplazamiento vertical a lo largo de su traza (desde algunos centímetros hasta más de un metro en las zonas críticas). En su segmento norte los desplazamientos mayores alcanzan los 2 m mientras que en su segmento central la falla es discontinua y se desvía hacia el poniente con una trayectoria de semiarco que sigue la geometría del Cerro de las Campanas. En su segmento sur, la deformación se distribuye en tres fracturas paralelas y discontinuas que afectan una mayor superficie y que le dan un aspecto de abanico. Finalmente, al sur de la carretera libre Querétaro-Celaya, la traza superficial desaparece al aumentar la pendiente del terreno. Los perfiles de Radar de Penetración Terrestre que fueron levantados en zonas sin desplazamiento evidente dentro de la traza de la FC, registran discontinuidades en el subsuelo que sugieren que la fractura se propaga hacia la superficie. Esta observación está apoyada por evidencias de desplazamientos verticales que aumentan con la profundidad y en diferencias de espesor de la misma capa en ambos lados de la FC. Cabe agregar que los patrones de abatimiento piezométrico, calculados para el periodo 1993-2001 no muestran una correlación directa con la geometría de la fractura. Nuestro modelo propone que la orientación de la fractura está relacionada con las discontinuidades estructurales pre-existentes, pero las variaciones locales de desplazamiento, orientación y distribución de la deformación son determinadas por la heterogeneidad mecánica de la secuencia superficial.

FSDR-08

CONTROL ESTRATIGRÁFICO DEL FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL VALLE DE QUERÉTARO

Carlos Vargas-Cabrera¹, Dora Carreón-Freyre¹, Jaime Garfías-Soliz² y Javier Gámez-González³

¹ Centro de Geociencias, UNAM. Campus Juriquilla Qro.
E-mail: varcarlos@hotmail.com

² Centro Interamericano de Recursos del Agua, UAEM, Toluca

³ Gerencia Estatal Querétaro, Comisión Nacional del Agua

En el Valle de Querétaro se ha reportado una excesiva extracción de agua subterránea en los últimos 30 años y varios trabajos relacionan esta práctica con el fenómeno de fracturamiento observado en su superficie. Sin embargo, no existe un marco hidrogeológico conceptual adecuado que explique como ocurre la respuesta espacio-temporal de los materiales acuíferos a la extracción de agua subterránea. Con el fin de proponer un marco hidrogeológico para el Valle de

Querétaro, se elaboraron configuraciones de las variaciones piezométricas registradas de 1990 a 2001 y se analizó su relación con la litología y fracturamiento en la superficie del valle. El acuífero del Valle de Querétaro está integrado por dos unidades acuíferas: (1) unidad superficial de tipo granular, semiconfinada en su parte superior, y (2) unidad fracturada, subyacente a la anterior, confinada en la parte central de los valles y libre en la periferia hacia las sierras circunvecinas. La unidad acuífera granular está compuesta por sedimentos fluvio-lacustres con intercalaciones de lavas y piroclásticos y presenta un espesor promedio de 150 m hacia las partes bajas del valle. La unidad acuífera fracturada consiste en un conjunto de rocas volcánicas de composición basáltica a riolítica, con intercalaciones de ignimbritas, tobas y brechas cuyo espesor llega 350 m hacia la zona de sierras aledañas.

La configuración de la superficie piezométrica en la parte meridional del Estado de Querétaro indica la conexión hidráulica que existe en los valles de la región y señala una dirección de flujo del agua subterránea del norte, sur y este hacia el Valle de Querétaro y su condición de zona de descarga regional. La excesiva extracción del agua subterránea en este valle ha ocasionado un abatimiento de los niveles piezométricos a un ritmo promedio de 3.8 m/año localizándose, para algunos periodos, abatimientos críticos de 4 a 6.6 m/año en lugares como la zona industrial Benito Juárez (NW de la Cd. de Querétaro). Sin embargo, la configuración de la evolución piezométrica muestra una respuesta diferente de la unidad acuífera granular a los descensos de la carga hidráulica para los periodos analizados. La variabilidad piezométrica y los registros litológicos sugieren que la unidad granular debe ser considerada hidrogeológicamente como un acuífero multicapa, lo que implica integrar un análisis detallado de la estratigrafía local para evaluar los ordenes de variación de parámetros como la conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento para los diferentes estratos. Asimismo se considera el análisis de perfiles de geoquímica e isotopía del agua subterránea para explicar el comportamiento hidráulico de la unidad acuífera granular.

FSDR-09

HUNDIMIENTO MÁXIMO ESPERADO Y DEMARCACIÓN DE LAS ZONAS DE AGRIETAMIENTO EN EL VALLE DE QUERÉTARO SEGÚN SU POTENCIAL ACUÍFERO

Alfonso Alvarez Manilla Aceves¹, Francisco Fernández Hernández² y Juvenino García Becerra³

¹ Instituto Mexicano del Transporte
E-mail: amanilla@imt.mx

² Geo Ingeniería Alfvén, S.A. de C.V.

³ Geotecnia y Concreto, S.C.

Con base en el desarrollo de una ecuación para acoplar el flujo hidrodinámico y la deformación (tanto de aplicación en los campos petroleros, geotérmicos y acuíferos), se hace una evaluación del hundimiento máximo esperado según el potencial acuífero, tomando en cuenta el espesor de las

unidades geológicas y el basamento geohidrológico, así como de las propiedades mecánicas e hidráulicas ya sea de los materiales granulares o rocas constitutivos del subsuelo.

Se presentan las configuraciones del hundimiento para los años: 2002, 2005, 2010, 2020, y 2040; con ello se demarcan los gradientes hidráulicos muy tendidos y se induce las zonas de agrietamiento potencial.

Se presenta la evaluación de los desarrollos de las grietas y fallas de tensión por sobreexplotación del acuífero y el tiempo en el que estará totalmente declinado el acuífero.

ÍNDICE DE AUTORES

Autores	No. de Trabajo	Página	Autores	No. de Trabajo	Página
Acevedo Otilio	MINC-01	284	Álvarez R.	FSDR-03	423
Acevedo Sandoval Otilio Arturo	EDUG-05	111	Álvarez Rodríguez Juan	FSDR-07	425
Acevedo Sandoval Otilio Arturo	GEOQP-09	236	Álvarez Román	GET-46	169
Acosta Alejandra	SRSIG-03	344	Álvarez Román	GET-47	170
Acosta Chang José	RP-02	308	Álvarez Román	SRSIG-30	356
Acosta J.	SISG-32	378	Álvarez S.	SISG-32	378
Acosta J.	SISG-33	378	Alzaga Humberto	SED-21	338
Acosta Rodríguez Ismael	GGA-12	189	Allen J.S.	OCE-05	294
Adem J.	CAC-19	103	Amaro Espejo G.	VOLG-05	386
Adem J.	CAC-28 CARTEL	107	Andaverde Jorge	VOLG-08	387
Aguayo A.	GGA-09	187	Andraca Ayala G.L.	CAC-07	98
Aguayo A.	CHI-07	418	Andraca Ayala Gema Luz	CAC-09	99
Aguayo C. J. Eduardo	GET-01	144	Andreevsky S.	RP-03	308
Aguayo Camargo J. Eduardo	GGP-29	210	Ángeloni del Castillo Paula	GGA-21	194
Aguayo Camargo J.E.	GET-03	144	Antonio Carpio Ricardo G.	RP-19	317
Aguayo M. Alfonso	SRSIG-19	351	Aragón A. Alfonso	VOLG-50 CARTEL	406
Aguayo Ríos A.	VOLG-51 CARTEL	407	Aragón Arreola Manuel	GET-68 CARTEL	181
Águila J. P. del	GGA-13	190	Aragón Arreola Manuel	GEOQP-15	239
Águila Juárez P. del	GGA-22 CARTEL	194	Arámbula Mendoza R.	VOLG-34	399
Águila Juárez P. del	GGA-23 CARTEL	195	Arana Salinas L.	VOLG-32	398
Aguilar Maruri Ramón	GEOH-16	125	Aranda García Mario	GGP-07	197
Aguilar Reyes Bertha	MINC-06	286	Aranda García Mario	GGP-37	214
Aguilar Valeria	SED-21	338	Aranda Gómez J.	GET-60 CARTEL	177
Aguirre Díaz Gerardo	GEOQP-08	236	Aranda Gómez J.J.	GET-42	167
Aguirre G.	SISG-10	369	Aranda Gómez José Jorge	SED-04	327
Aguirre Gómez Raúl	SRSIG-30	356	Aranda Gómez José Jorge	VOLG-19	392
Aguirre Jorge	RP-01	308	Aranda López J. Rafael	MMG-11	275
Alaniz Álvarez S.	GET-12	149	Araujo Mendieta J.	GET-01	144
Alaniz Álvarez S.A.	EDUG-07	111	Araujo Mendieta J.	GET-03	144
Alaniz Álvarez S.A.	EDUG-12 CARTEL	114	Araujo Mendieta Juan	GGP-29	210
Alaniz Álvarez Susana	SED-26 CARTEL	342	Arce J.L.	VOLG-24	394
Alaniz Álvarez Susana A.	GET-26	157	Arce J.L.	VOLG-41 CARTEL	402
Alaniz S.	SISG-11	370	Arce J.L.	CHI-03	416
Alarcón Ana	CHI-14	422	Arce J.L.	CHI-04	417
Alatorre Chávez Eliseo	VOLG-45 CARTEL	404	Arce José Luis	GEOM-03	224
Alatorre Chávez Eliseo	VOLG-18	392	Arce O. José C.	GEOH-04	119
Alatorre Eliseo	VOLG-39	401	Arellano G.	SISG-32	378
Alatorre Ibargüengoitia M.A.	RP-31 CARTEL	324	Arellano Gil Javier	SED-24 CARTEL	341
Alba Aldave Leticia A.	VOLG-28	396	Arellano Torres E.	GC-04	131
Alba Leticia A.	GEOQP-07	235	Arellano Torres E.	GEOM-02	223
Alcántara Ayala Irasema	GEOM-08	226	Arellano Torres Elsa	GC-05	131
Alcántara Ayala Irasema	GEOM-09	226	Arellano V.M.	VOLG-07	386
Alcántara Ayala Irasema	GEOM-17 CARTEL	230	Arellano V.M.	VOLG-47 CARTEL	405
Alcántara Ayala Irasema	GEOM-18 CARTEL	230	Arias Cabrera R.	GEOQP-52 CARTEL	260
Alcántara C.	SRSIG-35	358	Arias Paz Alberto	RP-18	317
Alcántara García Juan Ricardo	GGP-04	198	Arizabalo R.D.	GGP-20	206
Alcántara L.	SISG-18	372	Arizabalo R.D.	GGP-33	212
Alcántara Nolasco L.	IGRGG-09	267	Armienta Hernández María Aurora	GGA-10	187
Alcántara Nolasco L.	SISG-20	373	Armienta M.A.	GGA-09	187
Alditurriaga González O.	IGRGG-14	269	Armienta M.A.	VOLG-53 CARTEL	407
Alexander Valdés Héctor M.	GEOQP-44	255	Armienta M.A.	CHI-07	418
Alfaro de la Torre M.C.	GGA-24 CARTEL	195	Armienta María A.	GGA-06	185
Alfaro de la Torre M.C.	GGA-25 CARTEL	196	Armstrong J.A.S.	GEOQP-35	251
Almazán Vázquez Emilio	PALEO-01	302	Arnold R.A.	GEOH-14	124
Almazán Vázquez Emilio	SED-08	330	Arreygue Rocha E.	IGRGG-06	265
Almazán Vázquez Emilio	SED-13	333	Arreygue Rocha E.	IGRGG-14	269
Almeida Margarita	SRSIG-55 CARTEL	366	Arreygue Rocha E.	FSDR-03	423
Alva Valdivia L.	GET-11	149	Arreygue Rocha Eleazar	GET-08	147
Alva Valdivia L.M.	GEOMAG-07	218	Arreygue Rocha Eleazar	RP-05	309
Alva Valdivia L.M.	YM-02	409	Arriaga Colina José Luis	CAC-06	98
Alva Valdivia Luis	GEOMAG-01	216	Arriaga García Germán	YM-05	411
Alva Valdivia Luis	GEOMAG-14 CARTEL	220	Arriaga García Germán	YM-06	412
Alva Valdivia Luis	GEOQP-22	244	Arroyo Cabañas Joaquín	GC-14	135
Alva Valdivia Luis M.	GEOMAG-04	217	Arroyo Moisés	GGA-26 CARTEL	196
Alva Valdivia Luis M.	SED-23 CARTEL	340	Arteaga L. Nubia	GGA-08	187
Alvarado Cano Rodney R.	GEOH-21 CARTEL	127	Arzate Flores J.A.	MMG-28 CARTEL	282
Alvarado Ortega Jesús	PALEO-07	304	Arzate Flores Jorge	GET-66 CARTEL	180
Alvarado Raúl	GEOM-17 CARTEL	230	Arzate Flores Jorge Arturo	GGA-19	192
Alvarado Rubén	OCE-11	296	Arzate Jorge	GGA-26 CARTEL	196
Alvarado V. Juan M.	GGP-03	198	Arzate Jorge A.	GET-47	170
Álvarez Bejar Román	SRSIG-48	363	Arzate Jorge A.	GET-62 CARTEL	178
Álvarez Bejar Román	SRSIG-24	353	Arzate Jorge A.	FSDR-06	425
Álvarez Borrego Saúl	OCE-09	295	Athié Gabriela	OCE-08	295
Álvarez González Rosa Margarita	MMG-24 CARTEL	281	Ávalos García C.	OCE-02	292
Álvarez M.	SISG-32	378	Ávalos Lozano J.A.	RP-25 CARTEL	321
Álvarez M.	SISG-33	378	Avelina Zapata G.F.	MMG-16	277
Álvarez Manilla Aceves Alfonso	FSDR-01	423	Avendaño Javier	PALEO-04	303
Álvarez Manilla Aceves Alfonso	FSDR-09	426	Ávila Dorador L.	SISG-27	376

Autores	No. de Trabajo	Página	Autores	No. de Trabajo	Página
Ávila Ramírez B.	SISG-20	373	Breceda S.C. Aurora M.	SRSIG-46	363
Ávila Ramos Francisco Javier	GET-55 CARTEL	174	Bretón González Mauricio	VOLG-52 CARTEL	407
Backhoff Pohls Miguel Ángel	SRSIG-10	347	Bretón González Mauricio	RP-14	315
Backhoff Pohls Miguel Ángel	SRSIG-11	347	Bretón Mauricio	VOLG-39	401
Báez López Javier Antonio	MINC-05	286	Bretón Mauricio	VOLG-45 CARTEL	404
Báez Pedrajo Armando	CAC-29 CARTEL	107	Bringas Rabago Nora	SRSIG-12	348
Balderrama C. Rigoberto	SISG-05	368	Brito Castillo Luis	CAC-14	101
Balderrama Corral Rigoberto	SISG-02	367	Buitrón Sánchez B.	SED-25 CARTEL	341
Bandy B.	GEOMAG-16 CARTEL	221	Buitrón Sánchez Blanca E.	PALEO-01	302
Bandy W.	GEOM-04	224	Bulgakov S.N.	OCE-12	296
Bandy W.L.	GET-23	155	Burlak G.N.	MMG-07	274
Bandy W.L.	GEOM-02	223	Bursik M.	VOLG-27	396
Bandy William L.	GET-09	148	Bustamante García Javier	GET-69 CARTEL	181
Bañuelos Álvarez C.	RP-04	309	Bustamante García Javier	GGA-04	184
Bañuelos Álvarez C.	VOLG-30	397	Bustamante García Javier	IGRGG-13	268
Bañuelos Quezada V.	CAC-04	97	Bustamante García Javier	YM-10 CARTEL	414
Bañuelos Quezada V.	CAC-10	99	Caballero García Ernesto	GGP-05	199
Bañuelos Quezada V.	RP-04	309	Caballero L.	RP-09	312
Bañuelos Quezada V.	VOLG-30	397	Caballero Margarita	GC-11	134
Barboza R.	SISG-10	369	Caballero Margarita	GC-12	134
Barragán R.M.	VOLG-47 CARTEL	405	Caballero Miranda Margarita	GC-24 CARTEL	140
Barragán R.M.	VOLG-54 CARTEL	408	Caballero Miranda Margarita	GC-25 CARTEL	141
Barrera González David	GGP-07	200	Caballero Miranda Margarita	GC-27 CARTEL	141
Barreto Caro Julio	GEOH-23 CARTEL	129	Cabral Cano E.	GGA-20	193
Barreto Caro Julio	RP-26 CARTEL	321	Cabral Cano Enrique	SRSIG-26	354
Barreto Caro Julio	SRSIG-53 CARTEL	365	Cabral Cano Enrique	VOLG-11	388
Barrier Eric	GET-04	145	Cabral Cano Enrique	FSDR-04	424
Basurto García Jeremías	SISG-31	377	Cabrera Cuervo César	GGP-02	197
Bazán Barrón S.	GET-29	159	Calderón Carlos	GGP-15	204
Bazán Barrón S.	GET-30	160	Calderón Santos Lorena	GGP-09	201
Bazán Barrón S.	GET-34	162	Calmus T.	GET-23	155
Bazán Barrón S.	GET-56 CARTEL	174	Camacho Ibar V.F.	GEOQP-43	255
Bazán Perkins S.D.	GET-29	159	Camacho Valdez Vera	SED-07	329
Bazán Perkins S.D.	GET-30	160	Cámara Córdova Julio	SRSIG-50	364
Bazán Perkins S.D.	GET-34	162	Camarena García M.	RP-07	311
Bazán Perkins S.D.	GET-56 CARTEL	174	Camarena García M.	SISG-09	369
Becerril Casas José Ángel	SRSIG-11	347	Camarena M.	SISG-08	369
Belmont Raúl	CAC-29 CARTEL	107	Camargo Guzmán David	RP-19	317
Belmonte Jiménez S.	GEOH-18	126	Campa Uranga Ma. Fernanda	GET-63 CARTEL	178
Belmonte Jiménez S.I.	GET-32	161	Campa Uranga María Fernanda	GET-40	166
Benavides Muñoz Marina Elena	MINC-04	285	Campa Uranga María Fernanda	GET-55 CARTEL	174
Berelson W.	OCE-24 CARTEL	300	Campa Uranga María Fernanda	GEOQP-30	248
Bernal Campos Aurelio Amado	SRSIG-24	353	Campa Uranga María Fernanda	GET-35	163
Bernal Franco Gladys	OCE-06	294	Campa Uranga María Fernanda	GET-38	165
Bernal Juan Pablo	GEOQP-36	251	Campa Uranga María Fernanda	GET-62 CARTEL	178
Biggin Andrew	GEOMAG-05	217	Campos Enríquez J. Oscar	GGP-10	202
Birkle Peter	GEOH-16	125	Campos Enríquez J.O.	GEOH-18	126
Blanco Betancourt Rafael	OCE-25 CARTEL	301	Campos Enríquez J.O.	GET-32	161
Bocanegra G. Gerardo	GGA-08	187	Canales Elorduy Armando Gabriel	GEOH-08	121
Bocanegra García Gerardo	GGA-05	185	Candela Julio	OCE-08	295
Bocanegra Salazar M.	GGA-24 CARTEL	195	Canet Carles	GEOQP-10	237
Bocco G.	SRSIG-27	354	Canet Carles	GEOQP-11	237
Bocco G.	SRSIG-29	355	Canet Miguel C.	GEOM-02	223
Bocco Gerardo	SRSIG-03	344	Cañón Tapia Edgardo	VOLG-20	393
Bocco Gerardo	SRSIG-04	344	Cañón Tapia Edgardo	VOLG-21	393
Bocco Gerardo	SRSIG-05	345	Capra L.	IGRGG-05	265
Bocco V. Gerardo	GEOM-06	225	Capra L.	RP-09	312
Bocco V. Gerardo	GEOM-10	227	Capra L.	VOLG-41 CARTEL	402
Bocco Verdinelli Gerardo	GEOM-01	223	Capra L.	VOLG-42 CARTEL	403
Böhnel Harald	GEOMAG-03	216	Capra L.	CHI-11	420
Böhnel Harald	GEOMAG-06	217	Capra Lucia	RP-29 CARTEL	323
Bolongaro Crevenna Andrea	GEOM-11	227	Capurro Filograsso L.	GEOH-19	127
Bolongaro Crevenna Andrea	VOLG-12	389	Carbajal Noel	OCE-18	298
Bolongaro Crevenna R. Andrea	SRSIG-54 CARTEL	366	Cárdenas González L.	GGA-20	193
Bolongaro Crevenna Recaséns Andrea	SRSIG-07	345	Cárdenas Soto M.	SISG-26	375
Bolongaro Crevenna Recaséns Andrea	SRSIG-45	362	Cárdenas Soto Martín	SISG-22	374
Bonilla Ramos Alejandra	GEOQP-27	246	Cardoso Landa Guillermo	OCE-17	298
Bonilla Sánchez Yadir Magali	SRSIG-54 CARTEL	366	Cardoso Landa Guillermo	RP-22 CARTEL	318
Bonini Marco	GET-57 CARTEL	175	Carlos J.	SISG-32	378
Borja Baeza Roberto Carlos	GEOM-08	226	Carranza Castañeda O.	PALEO-10 CARTEL	307
Bour Myriam	SISG-29	376	Carranza Castañeda O.	SED-10	331
Bourgeois J.	GET-23	155	Carranza Castañeda Oscar	PALEO-07	304
Bourrouilh Robert	GET-58 CARTEL	176	Carranza Castañeda Oscar	SED-04	327
Brassea Ochoa Jesús Ma.	GEOMAG-10	219	Carrasco Núñez G.	GET-17	152
Bravo Cervantes D.	SISG-14	371	Carrasco Núñez G.	VOLG-26	395
Bravo Espinoza Miguel	GEOM-10	227	Carrasco Núñez Gerardo	GET-61 CARTEL	178
Bravo José Luis	CAC-08	99	Carrasco Núñez Gerardo	RP-15	315
Breceda Aurora	SRSIG-37	359	Carrasco Núñez Gerardo	RP-30 CARTEL	324
Breceda Aurora	SRSIG-39	360	Carrasco Núñez Gerardo	VOLG-19	392

Autores	No. de Trabajo	Página	Autores	No. de Trabajo	Página
Carrasco Núñez Gerardo	VOLG-48 CARTEL	405	Correa Mora Francisco	VOLG-11	388
Carrasco V. Balmoro E.	SED-17	336	Cortés Cortés Abel	VOLG-25	395
Carreón Freyre Dora	GET-57 CARTEL	175	Cortés G.P.	VOLG-22	394
Carreón Freyre Dora	GGA-18	192	Cortés R. Héctor	SRSIG-19	351
Carreón Freyre Dora	FSDR-02	423	Corti Giacomo	GET-57 CARTEL	175
Carreón Freyre Dora	FSDR-07	425	Cossío Torres T.	GET-60 CARTEL	177
Carreón Freyre Dora	FSDR-08	426	Cossío Torres T.	MMG-28 CARTEL	282
Carreras L.	VOLG-41 CARTEL	402	Cossío Torres Tomás	GET-64 CARTEL	179
Carrillo Berumen R.	PALEO-03	303	Cossío Torres Tomás	GEOQP-33	250
Carrillo Ch. Alejandro	GGA-08	187	Costa J.	CHI-11	420
Carrillo Chávez Alejandro	GEOH-14	124	Cruces Manjarrez Raúl	SRSIG-01	343
Carrillo Chávez Alejandro	GEOH-22 CARTEL	128	Cruz Abeyro J.A.L.	GEOMAG-12	219
Carrillo Chávez Alejandro	GGA-03	184	Cruz Abeyro J.A.L.	SISG-42 CARTEL	382
Carrillo Chávez Alejandro	GGA-05	185	Cruz Abeyro J.A.L.	SISG-43 CARTEL	382
Carrillo Chávez Alejandro	GGA-07	186	Cruz Abeyro J.A.L.	SISG-25	375
Carriquiry J.D.	GEOQP-43	255	Cruz Hernández J.	MMG-17	277
Carvajal García María Antonia	VOLG-02	384	Cruz J.H.	SISG-16	372
Casar González Ricardo	GGP-17	205	Cruz Medina Isidro Roberto	MMG-04	273
Castellán Gilberto	CHI-14	422	Cruz O.	GGA-09	187
Castillo Acosta Leticia Guadalupe	GEOH-09	122	Cruz O.	CHI-07	418
Castillo Gurrola José	GEOH-10	122	Cruz Ocampo J.C.	GEOM-02	223
Castillo R.	GET-10	148	Cruz Ocampo Juan Carlos	GEOQP-10	237
Castillo Román José	RP-17	316	Cruz Ocampo Juan Carlos	GEOQP-11	237
Castrejón González Israel	GET-36	164	Cruz Ocampo Juan Carlos	YM-09 CARTEL	413
Castro Flores A.	EDUG-14 CARTEL	115	Cruz Sánchez Misael	EDUG-05	111
Castro Flores Adán	RP-23 CARTEL	319	Cuenca Julio	IGRGG-10	267
Castro Govea R.	GET-17	152	Cuesta Castillo Lara Bárbara	GC-03	130
Castro Govea R.	GEOQP-52 CARTEL	260	Cuevas Alejandro	YM-13 CARTEL	415
Castro Ortiz Lilia	GGP-18	205	Curie C.A.	GET-22	155
Castro R.	OCE-22	300	Czitrom Steven	OCE-10	296
Castro R.	SRSIG-27	354	Chacón Cruz G.M.	GEOM-04	224
Castro R.	SRSIG-29	355	Chapa Guerrero J.R.	MMG-28 CARTEL	282
Castro R.	SRSIG-35	358	Charles C.	GC-02	130
Castro Raúl	SISG-28	376	Charpentier Isabelle	VOLG-44 CARTEL	404
Castro Raúl R.	SISG-29	376	Chavacán Ávila Marcos	SISG-12	370
Castro Raúl R.	SISG-34	379	Chavacán Marcos	SISG-13	371
Castro Raúl R.	SISG-35	379	Chávez Aguirre José María	GGP-36	213
Castro Rubén	CAC-16	102	Chávez Aguirre Rafael	SED-23 CARTEL	340
Castro Ruiz Renata del Carmen	GEOH-05	120	Chávez Álvarez M. Jazmín	VOLG-21	393
Cavazos Teresa	CAC-15	101	Chávez Cabello G.	GET-60 CARTEL	177
Cedillo Pardo E.	GGP-20	206	Chávez Cabello G.	GET-42	167
Cedillo Rodríguez Fidel	VOLG-43 CARTEL	403	Chávez Cabello G.	MMG-28 CARTEL	282
Celis Manuel	RP-26 CARTEL	321	Chávez Cabello Gabriel	GET-64 CARTEL	179
Ceniceros N.	GGA-09	187	Chávez G. Mario	GET-04	145
Ceniceros N.	CHI-07	418	Chávez García E.J.	SISG-16	372
Centeno García Elena	PALEO-09 CARTEL	306	Chávez García E.J.	SISG-21	373
Centeno García Elena	GEOQP-23	244	Chávez García E.J.	SISG-26	375
Cepeda H.	VOLG-22	394	Chávez García Francisco J.	SISG-22	374
Cerca Mariano	GET-37	165	Chávez Mario	SISG-19	373
Cerca Mariano	GET-57 CARTEL	175	Chávez Rodríguez Adolfo	GEOH-02	117
Cerca Mariano	GET-65 CARTEL	179	Chávez Valois Víctor M.	GGP-06	199
Cerca Mariano	GGA-18	192	Cheilletz A.	YM-01	409
Cerca Mariano	FSDR-07	425	Chesley J.	GEOQP-26	246
Cerda Chacón Juan Carlos	SISG-41	382	Chichinina T.	MMG-19	278
Cerón Bretón Rosa María	CAC-29 CARTEL	107	Chichinina T.	MMG-20	279
Cienfuegos Alvarado Edith	GEOQP-50 CARTEL	258	Chichinina Tatiana	MMG-29 CARTEL	282
Cienfuegos Alvarado Edith	PALEO-09 CARTEL	306	Choumilline Evgueni	GEOQP-42	254
Cifuentes G.	GEOMAG-17 CARTEL	222	D'Antonio M.	VOLG-42 CARTEL	403
Cifuentes Nava G.	GEOMAG-11	219	D'Luna Alejandro	RP-11	313
Cifuentes Nava G.	GEOMAG-16 CARTEL	221	Daesslé L.W.	GEOQP-43	255
Cifuentes Nava Gerardo	GEOMAG-08	218	Dávalos Álvarez Oscar Gabriel	GET-15	151
Cifuentes Nava Gerardo	GEOMAG-09	218	Dávila Hernández Norma	RP-29 CARTEL	323
Clayton Robert	SISG-34	379	Dávila Leovigildo Cepeda	IGRGG-02	263
Conklin M.H.	GEOH-14	124	Davydova Belitskaya V.	CAC-21	104
Conte G.	GEOMAG-15 CARTEL	221	Davydova Belitskaya Valentina	CAC-11	100
Contreras Flores Rubén	GEOMAG-06	217	Davydova Belitskaya Valentina	CAC-12	100
Contreras J.	SISG-23	374	De la Cruz Abarca N.	GC-29 CARTEL	142
Contreras Juan	GET-52	172	De la Cruz Julio César	GEOQP-28	247
Contreras Juan	GGP-24	208	De la Cruz Reyna S.	CHI-07	418
Contreras López Enrique	VOLG-04	385	De la Cruz Reyna Servando	VOLG-09	387
Contreras P. Juan	GET-51	172	De la Cruz Reyna Servando	VOLG-16	391
Contreras Pérez Juan	GET-53	173	De la Cruz Reyna Servando	VOLG-49 CARTEL	406
Córdoba Gustavo	MMG-05	273	De la Cruz Reyna Servando	CHI-01	416
Córdoba Gustavo	MMG-26 CARTEL	281	De la Cruz Vargas Julio César	GEOQP-29	248
Corona Chávez Pedro	MINC-03	284	De la Luz Santacruz E.	SISG-20	373
Corona Esquivel Rodolfo	MINC-04	285	De la Luz Santacruz R.	IGRGG-11	268
Coronado César	OCE-10	296	De la Rosa Felipe	VOLG-33	399
Correa Mora F.	GGA-20	193	De León J.	VOLG-07	386
Correa Mora F.	GEOMAG-16 CARTEL	221	Dehays Jorge	RP-11	313

Autores	No. de Trabajo	Página	Autores	No. de Trabajo	Página
Del Valle L.	IGRGG-18 CARTEL	270	Farraz Montes I.A.	RP-12	314
Del Valle Reyes A.	SED-11	332	Farraz Montes I.A.	RP-13	314
Delgado Argote Luis	GEOMAG-06	217	Farraz Montes I.A.	RP-31 CARTEL	324
Delgado Argote Luis A.	GET-49	170	Faz Pérez P.	MMG-09	274
Delgado Granados H.	GGA-20	193	Félix Romero S.G.	SISG-14	371
Delgado Granados H.	GEOQP-56 CARTEL	262	Ferket Helga	GET-28	158
Delgado Granados H.	RP-12	314	Fernández Hernández Francisco	FSDR-09	426
Delgado Granados H.	RP-13	314	Fernández Ramírez Sixto	IGRGG-08	266
Delgado Granados H.	RP-31 CARTEL	324	Fernández Sixto	SRSIG-51 CARTEL	365
Delgado Rodríguez Omar	GGA-15	191	Fernández T.	SRSIG-31	356
Delgado Rodríguez Omar	GGA-16	191	Fernández T.	SRSIG-35	358
Delgado Rodríguez Omar	MMG-12	276	Ferrari Luca	GET-14	150
Delgado Vázquez Marco A.	IGRGG-08	266	Ferrari Luca	GET-18	152
Deloule E.	YM-01	409	Ferrari Luca	GET-19	153
Demant A.	GEOQP-12	238	Ferrari Luca	GET-20	154
DeMets Charles	SISG-01	367	Ferrari Luca	GET-37	165
Dewwonck Sarah	GEOQP-21	243	Ferrari Luca	GET-57 CARTEL	175
Díaz Castellón R.	VOLG-26	395	Ferrari Luca	GET-61 CARTEL	178
Díaz Castellón Rodolfo	RP-30 CARTEL	324	Ferrari Luca	GET-65 CARTEL	179
Díaz de Cossío G.	SISG-23	374	Ferrari Luca	GET-70 CARTEL	182
Díaz Gallegos J.R.	SRSIG-27	354	Ferrer Toledo H.	SISG-26	375
Díaz Gallegos J.R.	SRSIG-29	355	Figueroa A.M.	CAC-02	96
Díaz Gallegos J.R.	SRSIG-34	358	Filonov A.E.	CAC-02	96
Díaz J.R.	SRSIG-35	358	Filonov Anatoliy	OCE-07	294
Díaz Puebla Arnulfo	SED-02	326	Filonov Anatoliy	OCE-13	297
Díaz Salgado Ciro	GEOQP-23	244	Fisher Christopher T.	GC-17	137
Díaz Vera A.	GGA-20	193	Fitz Bravo César	GGA-04	184
Díaz Viera Martín	CAC-25	105	Fitz Díaz Elisa	GET-38	165
Díaz Viera Martín	RP-10	313	Fitz Díaz Elisa	GET-63 CARTEL	178
Dixon Timothy H.	FSDR-04	424	Fletcher Mackrain John	GET-50	171
Dominguez Chicas Angelina	GEOH-05	120	Fletcher Mackrain John	GET-53	173
Dominguez Heredia B.	GEOQP-48 CARTEL	257	Flores Castro Kinardo	EDUG-05	111
Dominguez Mariani Eloísa	GEOH-22 CARTEL	128	Flores Castro Kinardo	GEOQP-09	236
Dominguez Mariani Eloísa	GGA-03	184	Flores D.	GC-13	135
Dominguez Tonatiuh	VOLG-45 CARTEL	404	Flores de Dios González Antonio	GET-69 CARTEL	181
Dominguez Tonatiuh	VOLG-38	401	Flores de Dios González Luis Antonio	SED-27 CARTEL	342
Dominguez Tonatiuh	VOLG-39	401	Flores Estrella Hortencia Citlali	EDUG-01	109
Dominguez Zacarías G.	MMG-17	277	Flores F. J. Francisco	SRSIG-42	361
Dorobek Steven L.	SED-14	334	Flores J.H.	GGP-33	212
Dótor Almazán Azucena	GGA-10	187	Flores Kinardo	MINC-01	284
Douglas Michael W.	CAC-17	102	Flores Luna Carlos	GET-48	170
Douglas R.G.	OCE-24 CARTEL	300	Flores Márquez E. Leticia	GET-24	156
Dyment J.	GET-23	155	Flores Martínez José Juan	YM-09 CARTEL	413
Eguchi Mughiko	GET-18	152	Flores Morales Ana Laura	OCE-16	298
Elenes Contreras E.	GEOH-19	127	Flores Mundo Néstor	GGA-10	187
Elías Herrera Mariano	GEOQP-27	246	Flores Orozco Adrián	GEOH-03	119
Elías Herrera Mariano	SED-19	337	Flores Ruiz J.H.	GET-03	144
Elliott Michelle	GC-17	137	Flores Ruiz J.H.	GEOM-02	223
Enríquez Carlos	RP-11	313	Flores Ruiz J.H.	MMG-16	277
Enríquez R.P.	SISG-42 CARTEL	382	Flores Ruiz J.H.	MMG-17	277
Enríquez R.P.	SISG-43 CARTEL	382	Flores Ruiz J.H.	MMG-21	279
Escalona Alcázar E.	RP-21	318	Flores Yahilyre	CAC-30 CARTEL	108
Escalona Alcázar E.J.	CAC-04	97	Fonseca Álvarez R.	VOLG-51 CARTEL	407
Escalona Alcázar E.J.	CAC-10	99	Franco Ernesto	SRSIG-52 CARTEL	365
Escalona Alcázar E.J.	RP-04	309	Franco Plata Roberto	SRSIG-09	346
Escalona Alcázar E.J.	VOLG-30	397	Franco Plata Roberto	SRSIG-17	350
Escamilla Herrera Arturo	GGP-07	200	Franco Ramos Osvaldo	GEOM-18 CARTEL	230
Escamilla Sarabia M.G.	GC-21 CARTEL	139	Franco Sánchez S.I.	SISG-36	379
Escobar Sánchez Juana Elia	GEOQP-49 CARTEL	258	Frederick C.D.	GC-26 CARTEL	141
Esparza F.	GET-48	170	Frez J.	SISG-32	378
Esparza Santana R.	CAC-21	104	Frez J.	SISG-33	378
Espíndola C. J.M.	CHI-05	417	Frias Camacho Víctor M.	GET-49	170
Espíndola Castro J.M.	VOLG-31	398	Fritsch Emmanuel	MINC-06	286
Espíndola Castro Juan Manuel	VOLG-37	400	Fuentes Junco José de Jesús A.	GEOM-10	227
Espíndola Castro Juan Manuel	CHI-06	418	Fuentes Ruiz Carlos	SRSIG-20	351
Espíndola J.M.	CHI-02	416	Fukuyama E.	SISG-36	379
Espíndola J.M.	CHI-04	417	Full William	SED-07	329
Espíndola J.M.	CHI-08	419	Furumura T.	SISG-16	372
Espíndola J.M.	CHI-11	420	Gabriel Morales Josefina	SRSIG-32	357
Espíndola Juan Manuel	VOLG-44 CARTEL	404	Galindo Zaldívar Jesús	GET-24	156
Espinosa G.	IGRGG-18 CARTEL	270	Galván G. Adriana	RP-27 CARTEL	322
Espinosa Luna Juan	GGP-13	203	Galván H.A.	IGRGG-18 CARTEL	270
Espinosa Paredes G.	VOLG-05	386	Gallardo Delgado Luis A.	MMG-15	276
Espinosa Paredes G.	VOLG-07	386	Gallegos García A.	OCE-14	297
Espiricueto Antonio	GGP-08	201	Gallo Ramírez Ely J.R.	SRSIG-46	363
Esquivel Carlos	MINC-01	284	Gama J.	GC-13	135
Evensen Norman M.	GEOQP-19	242	Gama J.	GC-21 CARTEL	139
Fabriol H.	SISG-33	378	Gama Jorge	GC-20 CARTEL	138
Fabriol Hubert	SISG-29	376	Gama Lagunas Julio	GET-36	164

Autores	No. de Trabajo	Página	Autores	No. de Trabajo	Página
Gómez González Javier	FSDR-07	425	Godínez Orta Lucio	RP-20	317
Gómez González Javier	FSDR-08	426	Godínez Orta Lucio	SRSIG-47	363
Gamio Carlos	MMG-06	273	Gogichaishvili A.	GEOMAG-07	218
Garatuza Jaime	CAC-24	105	Gogichaishvili A.	GEOMAG-15 CARTEL	221
Garatuza Payán Jaime	CAC-22	104	Gogichaishvili A.	GET-11	149
Garatuza Payán Jaime	SRSIG-21	352	Gogichaishvili Avto	GEOMAG-01	216
Garatuza Payán Jaime	SRSIG-42	361	Gogichaishvili Avto	GEOMAG-02	216
García A.	VOLG-47 CARTEL	405	Gogichaishvili Avto	GEOMAG-04	217
García Abdeslem Juan	GET-48	170	Gogichaishvili Avto	GEOMAG-14 CARTEL	220
García Abdeslem Juan	MMG-13	276	Goldstein Steven L.	GEOQP-06	235
García Abundis José	GGA-10	187	Gómez Blanco Víctor	IGRGG-13	268
García Álvarez Y.	OCE-02	292	Gómez Caballero J.A.	YM-07	412
García Álvarez Yara	OCE-03	293	Gómez Garzón Alfredo	SRSIG-19	351
García Barrera Pedro	PALEO-09 CARTEL	306	Gómez J.M.	SISG-10	369
García Becerra Juvenito	FSDR-09	426	Gómez J.M.	SISG-11	370
García de la Cruz R.F.	GGA-24 CARTEL	195	Gómez L. David	RP-27 CARTEL	322
García Díaz Juan Enrique	SRSIG-15	349	Gómez L. David	RP-28 CARTEL	322
García G. Alfonso	VOLG-50 CARTEL	406	Gómez Palacios Juan José	VOLG-09	387
García García Edith Xio Mara	PALEO-06	304	Gómez Rivera Jorge	OCE-18	298
García García F.	CAC-26	106	Gómez Rodríguez Gabriela	SRSIG-30	356
García Gutiérrez A.	VOLG-05	386	Gómez Treviño Enrique	GET-48	170
García Gutiérrez A.	VOLG-07	386	Gómez Treviño Enrique	MMG-08	274
García Hernández Carlos	GET-43	168	Gómez Tuena Arturo	GEOQP-06	235
García L. Ramón V.	SISG-05	368	Gómez Vázquez Ángel	VOLG-16	391
García López Ramón Victorino	SISG-02	367	Gómez Vázquez Ángel	VOLG-49 CARTEL	406
García Manuel Pablo	VOLG-04	385	González Alanis Jaime	GGP-06	199
García Martínez Carlos Manuel	YM-09 CARTEL	413	González Ángel	EDUG-04	110
García Martínez Mónica	EDUG-12 CARTEL	114	González Castillo Oriana Yuridia	GEOQP-39	253
García Olvera Griselda	GGP-13	203	González Cervantes Norma	GET-14	150
García Ortega Ma. Gabriela	SRSIG-11	347	González Cervantes Norma	GET-61 CARTEL	178
García Palomo A.	GET-16	151	González Enríquez Rodrigo	GEOH-08	121
García Palomo A.	IGRGG-04	264	González Enríquez Rodrigo	GEOH-09	122
García Palomo A.	IGRGG-18 CARTEL	270	González Fernández Antonio	GET-51	172
García Palomo A.	VOLG-29	397	González González Francisco	GGP-09	201
García Palomo A.	CHI-08	419	González J.	SISG-32	378
García Palomo A.	CHI-11	420	González J.	SISG-33	378
García Pedro	PALEO-04	303	González J.J.	SISG-04	368
García R.	SISG-32	378	González José Antonio	GEOMAG-14 CARTEL	220
García Rodríguez H.S.	IGRGG-11	268	González José Antonio	GEOMAG-02	216
García Saille Gerardo	GEOH-11	123	González Katia	PALEO-04	303
García y Barragán J.C.	SED-06	328	González Méndez Pablo J.	VOLG-45 CARTEL	404
García y Barragán Juan Carlos	GET-41	167	González Meraz Jorge	SRSIG-20	351
Gardner J.E.	VOLG-24	394	González Morán Tomás	GET-40	166
Garduño J.E.	CHI-03	416	González P. Francisco	GGP-03	198
Garduño Monroy V.H.	GC-09	133	González Pablo	VOLG-39	401
Garduño Monroy V.H.	GC-29 CARTEL	142	González Partida E.	VOLG-01	384
Garduño Monroy V.H.	GET-07	147	González Partida Eduardo	GGA-07	186
Garduño Monroy V.H.	GET-08	147	González Partida Eduardo	VOLG-12	389
Garduño Monroy V.H.	GET-11	149	González Pomposo G.	SISG-20	373
Garduño Monroy V.H.	IGRGG-06	265	González Pomposo G.J.	IGRGG-09	267
Garduño Monroy V.H.	IGRGG-14	269	González Pomposo G.J.	IGRGG-11	268
Garduño Monroy V.H.	FSDR-03	423	González Pomposo G.J.	SISG-14	371
Garduño Monroy Víctor Hugo	GEOM-09	226	González Sergio Arturo	EDUG-04	110
Garduño Monroy Víctor Hugo	GEOM-12	228	González Torres Enrique	GET-70 CARTEL	182
Garduño Monroy Víctor Hugo	RP-05	309	González Torres Enrique A.	VOLG-28	396
Garduño Monroy Víctor Hugo	GET-06	146	Goodell Philip C.	GEOH-02	117
Garduño René	CAC-13	101	Gorsline D.S.	OCE-24 CARTEL	300
Garfias Soliz Jaime	FSDR-08	426	Grajales Nishimura M.J.	GEOQP-24	245
Garrido A.	IGRGG-18 CARTEL	270	Grajeda Carrera Ramón	GEOH-02	117
Garza González Salvador Israel de la	GGA-02	183	Grajeda Muñoz M.	GEOQP-45	256
Garza González Vélez Carlos	YM-06	412	Grebennikov Alexandre	GEOH-15	125
Garza Rocha D.	MMG-28 CARTEL	282	Grijalva Noriega Francisco Javier	GEOM-05	225
Gasca Jorge Raúl	CAC-08	99	Grijalva Noriega Francisco Javier	SED-12	332
Gasquet D.	YM-01	409	Grijalva Noriega Francisco Javier	RP-16	316
Gaulon Roland	GET-04	145	Grimalsky V.	MMG-18	278
Gavilanes Ruiz J.C.	GEOQP-52 CARTEL	260	Grimalsky V.	SISG-25	375
Gavilanes Ruiz Juan Carlos	VOLG-17	392	Guarneros Aviles Lizbeth	SRSIG-16	349
Gaviño Rodríguez J.H.	OCE-04	293	Guerra Oliva Mario	RP-10	313
Gay Carlos	CAC-30 CARTEL	108	Guerrero Arenas Rosalía	PALEO-09 CARTEL	306
Gaytán Saucedo Marina	GEOH-21 CARTEL	127	Guerrero Grajeda José	MMG-24 CARTEL	281
Gehrels George	GET-69 CARTEL	181	Guevara Enrique	CHI-14	422
Gehrels George	GEOQP-30	248	Guevara García Mirna	GEOQP-37	252
Gil Silva Eduardo	CAC-16	102	Guevara Mirna	GEOQP-39	253
Girón García Patricia	MINC-12 CARTEL	290	Gutiérrez Acuña Germán	SED-26 CARTEL	342
Girón Patricia	GEOQP-36	251	Gutiérrez Arroyo Jesús	GGP-09	201
Glowacka E.	SISG-04	368	Gutiérrez Carlos A.	VOLG-33	399
Glowacka E.	SISG-23	374	Gutiérrez E. Mario A.	GGP-29	210
Gochis David	CAC-24	105	Gutiérrez Estrada M.A.	GET-01	144
Godínez Juárez Zmaltzin Paola	SISG-39	381	Gutiérrez Estrada M.A.	GET-03	144

Autores	No. de Trabajo	Página	Autores	No. de Trabajo	Página
Koshevaya S.	MMG-18	278	Lora de la Fuente Carlos	GEOMAG-08	218
Koshevaya S.	SISG-25	375	Lora de la Fuente Carlos	GEOMAG-09	218
Kostoglodov V.	GET-21	154	Lounejeva Baturina E.	GEOQP-24	245
Kostoglodov V.	GET-22	155	Lounejeva Elena	GEOQP-50 CARTEL	258
Kostoglodov V.	RP-03	308	Lowry A.R.	SISG-03	367
Kostoglodov V.	SISG-03	367	Lozada Manuel	GGP-25	208
Kotsarenko A.	GEOMAG-12	219	Lozada Pérez José Antonio	SISG-31	377
Kotsarenko A.	MMG-18	278	Lozada Z. M.	GGP-33	212
Kotsarenko A.	SISG-25	375	Lozada Z. Manuel	GGP-34	212
Kotsarenko A.	SISG-42 CARTEL	382	Lozada Zumaeta M. Manuel	GGP-10	202
Kotsarenko A.	SISG-43 CARTEL	382	Lozano García Socorro	GC-10	133
Kouzoub Nikolai	GGP-26	208	Lozano García Socorro	GC-11	134
Kouzoub Nikolai	GGP-27	209	Lozano García Socorro	GC-23 CARTEL	140
Kouzoub Nikolai	GGP-34	212	Lozano Rufino	GEOQP-36	251
Kowallis J.B.	SED-10	331	Lozano Santacruz Rufino	GEOQP-08	236
Kretschmar Thomas	GEOH-05	120	Lozano Socorro	GC-12	134
Kusakabe M.	GEOQP-55 CARTEL	261	Lugo de la F. J.	GGA-13	190
Kyser K.	YM-01	409	Lugo de la Fuente J.	GGA-22 CARTEL	194
Labarthe Hernández G.	IGRGG-15	269	Lugo de la Fuente J.	GGA-23 CARTEL	195
Labarthe Hernández G.	VOLG-31	398	Lugo Hubp J.	IGRGG-05	265
Ladrón de Guevara M.	GEOH-19	127	Lugo Hubp José	GEOM-17 CARTEL	230
Ladrón de Guevara Torres María A.	GGA-16	191	Lugo Hubp José	GEOM-18 CARTEL	230
Langmuir Charles H.	GEOQP-06	235	Lugo José	GEOM-19 CARTEL	230
Langridge Robert	SISG-44 CARTEL	382	Luhr James E.	SED-04	327
Larson K.M.	SISG-03	367	Luhr James E.	VOLG-19	392
Lavín M.F.	OCE-07	294	Luhrs Olmos Claudia C.	GEOQP-40	253
Lázares Fernando	IGRGG-10	267	Luna Alonso M.	GGA-20	193
Le Brun Benoit	SISG-29	376	Luna Rojero E.	MMG-17	277
Leal Juan Carlos	CAC-17	102	Macías Consuelo	GEOQP-31	249
Leal Juan Carlos	CAC-24	105	Macías González Héctor Luis	RP-18	317
Leal Juan Carlos	CAC-27 CARTEL	106	Macías J.L.	GC-13	135
Lemus Ramírez Oscar	SRSIG-20	351	Macías J.L.	GEOQP-52 CARTEL	260
León de la Luz José Luis	SRSIG-37	359	Macías J.L.	RP-09	312
León Gómez Héctor de	GGA-01	183	Macías J.L.	VOLG-22	394
León Gómez Héctor de	GGA-02	183	Macías J.L.	VOLG-24	394
León Jesús de	GGP-08	201	Macías J.L.	VOLG-27	396
León Manilla A.	OCE-15	297	Macías J.L.	VOLG-29	397
León Ramírez Alejandra	GGP-32	211	Macías J.L.	CHI-02	416
Lermo Javier	IGRGG-10	267	Macías J.L.	CHI-03	416
Lermo Javier	RP-01	308	Macías J.L.	CHI-04	417
Lermo Javier	SISG-13	371	Macías J.L.	CHI-07	418
Lermo Samaniego Javier	SISG-12	370	Macías J.L.	CHI-08	419
Leroy Jacques L.	GEOQP-21	243	Macías J.L.	CHI-11	420
Levin V.M.	SISG-30	377	Macías José Luis	GEOM-03	224
Levresse G.	VOLG-01	384	Macías Romo Consuelo	MINC-09	288
Levresse G.	YM-01	409	Macías V. José Luis	CHI-10	420
Ley García Judith	SRSIG-14	349	Macías V.J.L.	VOLG-42 CARTEL	403
Leyva Contreras A.	RP-03	308	Macías Vázquez J.L.	VOLG-31	398
Leyva Contreras Amando	CAC-14	101	Macías Z. Eduardo	GGP-03	198
Limón Sánchez María Teresa	CAC-06	98	Maciel Flores Roberto	GC-08	132
Linares López C.	GEOQP-56 CARTEL	262	MacKeon Alex	GGP-08	201
Lizárraga Arciniega Román	OCE-25 CARTEL	301	Machain Castillo M.L.	GC-04	131
Lizárraga Carlos	CAC-23	105	Machain Castillo M.L.	GEOM-02	223
Lizárraga Mendiola Liliana Gpe.	GGA-01	183	Machain Castillo Ma. Luisa	GC-03	130
Lockwood Robert	SRSIG-52 CARTEL	365	Machain Castillo Ma. Luisa	GC-05	131
López C.	IGRGG-18 CARTEL	270	Machain Castillo María Luisa	GC-27 CARTEL	141
López César H.	VOLG-35	400	Machuca Mario	SRSIG-49	364
López de Santa Ana Jorge	SRSIG-18	350	Magaña Víctor O.	CAC-18	102
López Doncel Rubén	SED-16	335	Maillol J. M.	GEOM-04	224
López Erna	SRSIG-03	344	Malagón Montalvo Arturo	GGP-12	203
López Erna	SRSIG-04	344	Malagón Montalvo Arturo	IGRGG-07	266
López García José	SRSIG-36	358	Maldonado Romaldo Elvira	GET-43	168
López Granados Erna	SRSIG-05	345	Maldonado Sánchez Ma. G.	GEOQP-03	233
López Higuera Antonia	GC-28 CARTEL	142	Malpica Cruz Víctor M.	SED-03	327
López Leyva J. Gerardo	GGP-11	202	Malpica Cruz Víctor M.	SED-18	336
López Loera H.	GC-15	136	Malpica Sánchez Félix Ignacio	RP-08	311
López M. Manuel	SISG-05	368	Mandujano Velásquez J.	GET-27	158
López Martínez M.	GET-11	149	Mandujano Velásquez J.	GGP-35	213
López Martínez Margarita	GEOQP-19	242	Mandujano Velásquez J.	SED-20	337
López Martínez Margarita	GET-14	150	Manea M.	GET-21	154
López Martínez Margarita	GET-63 CARTEL	178	Manea M.	GET-22	155
López Martínez Margarita	GET-65 CARTEL	179	Manea M.	GEOM-02	223
López Martínez Margarita	GEOQP-20	242	Manea V.C.	GET-21	154
López Martínez Margarita	VOLG-48 CARTEL	405	Manea V.C.	GET-22	155
López Moreno Manuel	SISG-02	367	Manea V.C.	GEOM-02	223
López Oliva José Guadalupe	GET-44	168	Manetti Piero	GET-57 CARTEL	175
López Severiano Enrique	EDUG-09	113	Manzo Andrade S.	RP-25 CARTEL	321
López V. Omar	RP-27 CARTEL	322	Manzo Delgado Lilia	SRSIG-30	356
Lora C.	GEOMAG-17 CARTEL	222	Manzo Monroy Héctor	SRSIG-41	360

Autores	No. de Trabajo	Página	Autores	No. de Trabajo	Página
Marín Stillman Luis Ernesto	GEOH-09	122	Meillon Octavio	SRSIG-06	345
Marino Alberto	GGP-08	201	Mejía Aguilar Abraham	GGA-15	191
Marinone M. Guido	OCE-01	292	Mejía Aguilar Abraham	MMG-12	276
Marinone M. S. Guido	OCE-22	300	Melgarejo Joan Carles	GEOQP-11	237
Markov M.	GGP-31	211	Melgarejo Reyes Beatriz E.	RP-06	310
Márquez Aguilar P.A.	MMG-07	274	Mena Manuel	GET-14	150
Márquez Azua Bertha	SISG-01	367	Méndez Delgado S.	MMG-28 CARTEL	282
Márquez García A.Z.	MMG-09	274	Méndez M.	GGA-09	187
Márquez V.	SISG-09	369	Méndez R.A.	VOLG-22	394
Marroquín Zaleta José Luis	SRSIG-46	363	Mendiola López I.F.	VOLG-51 CARTEL	407
Martens Uwe	GET-33	162	Mendoza Amuchastegui Jorge	GGP-12	203
Martín Atienza Beatriz	MMG-27 CARTEL	282	Mendoza Cervantes K.	GEOM-02	223
Martín Barajas Arturo	GET-51	172	Mendoza Cervantes Kerén	GET-09	148
Martín Barajas Arturo	GET-52	172	Mendoza Espinosa L.G.	GEOQP-43	255
Martín Barajas Arturo	GET-68 CARTEL	181	Mendoza Juan A.	SISG-07	368
Martín Barajas Arturo	GEOQP-15	239	Mendoza Manuel	SRSIG-04	344
Martín Del Pozzo A.L.	VOLG-51 CARTEL	407	Mendoza Manuel	SRSIG-05	345
Martín Gómez Juan	GET-05	146	Mendoza Ricardo	CAC-23	105
Martínez Alcalá Antonio	SRSIG-41	360	Mendoza Rosales C.	EDUG-03	110
Martínez Ángeles R.	MMG-17	277	Mendoza Rosales C.	EDUG-14 CARTEL	115
Martínez Ángeles R.	MMG-21	279	Mendoza Rosales C.	GET-12	149
Martínez Bringas A.	VOLG-15	390	Mendoza Rosales C.	SED-25 CARTEL	341
Martínez Díaz de León Asdrúbal	CAC-16	102	Mendoza Rosales Claudia	GET-14	150
Martínez Díaz de León Asdrúbal	SRSIG-38	359	Mendoza Rosales T.	SED-25 CARTEL	341
Martínez Díaz de León Asdrúbal	OCE-19	298	Mendoza Víctor M.	CAC-19	103
Martínez Díaz de León Asdrúbal	OCE-25 CARTEL	301	Mendoza Víctor M.	CAC-28 CARTEL	107
Martínez Estrella F.J.	GEOM-04	224	Mercado Díaz A.	GGP-30	210
Martínez Flores Guillermo	SRSIG-47	363	Mercado Díaz R.	GGP-30	210
Martínez Gutiérrez Genaro	SRSIG-40	360	Mercado Sotelo I.	GGA-22 CARTEL	194
Martínez Hernández Enrique	GET-38	165	Mercado Sotelo I.	GGA-23 CARTEL	195
Martínez Ibarra R.	GEOQP-24	245	Mertes Leal	SRSIG-06	345
Martínez J.A.	OCE-05	294	Mexicano Lourdes	SRSIG-06	345
Martínez Juvenino	GGA-26 CARTEL	196	Meza Figueroa Diana	GEOQP-28	247
Martínez Lara Yardenia	MINC-09	288	Meza Figueroa Diana María	GEOQP-29	248
Martínez Martínez V.E.	MMG-16	277	Michaud F.	GET-23	155
Martínez Muller Remigio	GEOQP-19	242	Miller E.W.	SED-10	331
Martínez Muller Remigio	GEOQP-20	242	Minjarez Sosa José Ismael	RP-16	316
Martínez Peña Guadalupe E.I.	FSDR-01	423	Miranda Avilés Raúl	GET-58 CARTEL	176
Martínez Pepín Lehalleur Nicolás	GEOMAG-13	220	Miranda M.	SISG-09	369
Martínez Ramírez Gabriel	IGRGG-07	266	Miranda Miranda Ubaldo	SRSIG-22	352
Martínez Retama Silvia	SRSIG-01	343	Mironenko M.V.	GEOQP-45	256
Martínez Reyes Juvenino	GGA-19	192	Mitre Salazar Luis Miguel	GGA-19	192
Martínez Reyes Juvenino	RP-08	311	Mitre Salazar Luis Miguel	RP-08	311
Martínez Serrano R.	GET-17	152	Molina Cruz A.	GC-06	131
Martínez Serrano R.	GEOQP-02	232	Molina Cruz A.	GEOM-02	223
Martínez Serrano R.	GEOQP-04	233	Molina Cruz Adolfo	SED-01	326
Martínez Serrano R.	GEOQP-48 CARTEL	257	Molina Garza Roberto	GEOMAG-06	217
Martínez Serrano Raymundo G.	GEOQP-05	234	Molina Garza Roberto S.	GC-17	137
Martínez Zatarain A.	CAC-21	104	Monbaliu Jaak	OCE-20	299
Martiny B.	GET-12	149	Moncada de la Rosa Jorge Daniel	SRSIG-28	355
Martiny Bárbara	VOLG-28	396	Monreal Gómez Adela	GC-03	130
Marty B.	YM-01	409	Montemayor Sánchez Lair	GET-60 CARTEL	177
Mas J.F.	SRSIG-27	354	Montero G.	CAC-07	98
Mas J.F.	SRSIG-29	355	Montero Martínez G.	CAC-26	106
Mas J.F.	SRSIG-31	356	Montero Martínez Guillermo	CAC-09	99
Mas J.F.	SRSIG-34	358	Montes de Oca García A.	MMG-16	277
Mas J.F.	SRSIG-35	358	Montesinos Silva Genaro	CAC-20	103
Mascarenhas Affonso	CAC-16	102	Montesinos Silva Genaro	SRSIG-28	355
Mascarenhas A.	OCE-22	300	Montijo González Alejandra	RP-16	316
Masuch Oesterreich D.	MMG-28 CARTEL	282	Montijo González Alejandra	SED-12	332
Mata González Blanca E.	GC-17	137	Monzón César	OCE-13	297
Mata González Blanca Estela	SED-26 CARTEL	342	Mora G. Ignacio	RP-28 CARTEL	322
Mata Segura J.L.	IGRGG-15	269	Mora J.C.	GEOQP-52 CARTEL	260
Mata Segura J.L.	VOLG-31	398	Mora J.C.	GEOQP-55 CARTEL	261
Mayorga Marco Antonio	SED-21	338	Mora J.C.	CHI-03	416
Mayorga R.	SRSIG-35	358	Mora Loera Joel	GEOQP-25	245
Mayorga Rapozzo Raúl	RP-17	316	Mora Palomino Lucy	GGA-14	190
Mayorga Saucedo R.	SRSIG-29	355	Mora Vences F.	IGRGG-14	269
Mayorga Saucedo R.	SRSIG-34	358	Moraila V. Carlos R.	SISG-05	368
McBride Earle	SED-05	328	Moraila V. Carlos Ramón	SISG-02	367
McDowell Fred W.	GEOQP-14	239	Morales Barrera W.	GET-16	151
Medellín S. Moisés	GGP-13	203	Morales C. J. Julio	GET-67 CARTEL	180
Medellín Salgado Moisés	GGP-23	207	Morales Contreras J.	GEOQP-02	232
Medina Ávila Juan José	YM-05	411	Morales Contreras J.	GEOQP-04	233
Medina Ávila Juan José	YM-06	412	Morales Contreras J.	GEOQP-48 CARTEL	257
Medina Barrera Francisco	GET-66 CARTEL	180	Morales Contreras J.J.	GET-17	152
Medina Barrera Francisco	GGA-01	183	Morales Contreras Juan Julio	GEOQP-05	234
Medina Escutia Javier	EDUG-09	113	Morales de la Garza Eduardo	GEOQP-36	251
Medina Mendoza Raúl	SRSIG-19	351	Morales Juan	GEOMAG-01	216

Autores	No. de Trabajo	Página	Autores	No. de Trabajo	Página
Morales Juan	GEOMAG-02	216	Nieto Samaniego Ángel Fco.	SED-26 CARTEL	342
Morales Juan	GEOMAG-04	217	Nieto Samaniego Ángel Francisco	GET-15	151
Morales Montaña Mariano	GEOH-10	122	Nieva D.	VOLG-47 CARTEL	405
Morales Morales Fermín	SED-19	337	Nolasco Valencia J. Vicente	RP-17	316
Morales Pérez Rubén A.	MMG-02	272	Norato Cortez Tania	GET-61 CARTEL	178
Morales Puente Pedro	GEOQP-50 CARTEL	258	Norzagaray Campos M.	GEOH-19	127
Morales Puente Pedro	PALEO-09 CARTEL	306	Núñez Cornú F.	SISG-09	369
Morales Reyes Flor	SRSIG-22	352	Núñez Cornú F.J.	VOLG-14	390
Morales Whitney Johanna	SRSIG-08	346	Núñez Cornú Fco.	RP-07	311
Morán Dante J.	GEOQP-07	235	Núñez Cornú Francisco	VOLG-40	402
Morán Zenteno D.J.	GEOQP-24	245	Núñez Cornú Francisco J.	SISG-08	369
Morán Zenteno Dante	GET-70 CARTEL	182	Núñez Rodríguez Gilberto	SRSIG-10	347
Morán Zenteno Dante J.	VOLG-28	396	Núñez Sánchez Francisco	GEOH-05	120
Mortera Gutiérrez C.	GEOMAG-16 CARTEL	221	Obeso Nieblas M.	OCE-02	292
Mortera Gutiérrez C.	GEOM-04	224	Obeso Nieblas M.	OCE-04	293
Mortera Gutiérrez C.A.	GET-23	155	Obeso Nieblas Maclovio	OCE-03	293
Mortera Gutiérrez C.A.	GEOM-02	223	Obolentseva I.	MMG-20	279
Mortera Gutiérrez Carlos	GET-51	172	Ocampo Torres F.J.	OCE-21	299
Mortera Gutiérrez Carlos A.	GET-09	148	Ocampo Torres Francisco J.	OCE-20	299
Morton Bermea O.	GET-42	167	Ocampo Torres Francisco J.	SRSIG-44	361
Morton Bermea O.	GEOMAG-15 CARTEL	221	Ochoa Alfaro Gerardo	RP-06	310
Morton Bermea Ofelia	GGA-07	186	Ochoa Estrada S.	GEOH-07	121
Morton Bermea Ofelia	GEOQP-22	244	Ochoa Llamas Guillermo	VOLG-38	401
Mousatov A.	MMG-10	275	Ochoa Verónica	GEOM-14	229
Mousatov Aleksandr	GGA-15	191	Ochoa Verónica	GEOM-19 CARTEL	230
Mousatov Aleksandr	GGP-21	206	Oda Berta	CAC-19	103
Mousatov Aleksandr	MMG-12	276	Oesterreich Dirk Masuch	GEOH-01	117
Muñoz de la Tejerá Eduardo	EDUG-04	110	Ojeda García Ángel	SED-26 CARTEL	342
Muñoz Sevilla P.	GEOH-19	127	Oleschko Claudia	GET-26	157
Murillo Banda E.A.	EDUG-03	110	Oleschko K.	GGP-20	206
Murillo Janette M.	SED-07	329	Olsen Kim B.	SISG-19	373
Murillo Jiménez Janette M.	RP-20	317	Olvera Salgado Ma. Dolores	SRSIG-19	351
Murillo Muñetón G.	GEOQP-24	245	Ordaz M.	SISG-18	372
Murillo Muñetón Gustavo	SED-14	334	Ordaz Schroeder Mario	SISG-24	374
Murillo Muñetón Gustavo	SED-15	335	Origel Gutiérrez Gabriel	GEOM-13	228
Murrieta H. José Luis	RP-27 CARTEL	322	Origel Gutiérrez Gabriel	SRSIG-08	346
Murrieta H. José Luis	RP-28 CARTEL	322	Origel Gutiérrez Gabriel	SRSIG-26	354
Nájera Cedillo Cecilia	CAC-03	97	Orozco A.	GEOMAG-17 CARTEL	222
Nájera Cedillo Cecilia	CAC-05	97	Orozco Esquivel Ma. Teresa	GET-18	152
Nájera Garza Jesús	GEOH-06	120	Orozco Esquivel Ma. Teresa	GET-19	153
Nájera Garza Jesús	GEOH-21 CARTEL	127	Orozco Medina Marta Georgina	CAC-12	100
Nájera Garza Jesús	GGA-11	188	Orozco R.	SISG-09	369
Nájera Garza Jesús	PALEO-08	305	Orozco Rojas Justo	SISG-38	380
Nakamura Labastida Edgar	GGA-15	191	Ortega A.	GGA-03	184
Nakamura Labastida Edgar	MMG-12	276	Ortega Amabel	GEOMAG-06	217
Narcía López Carlos	SISG-28	376	Ortega B.	GC-11	134
Nava A.	SISG-32	378	Ortega Beatriz	GC-12	134
Nava A.	SISG-33	378	Ortega Beatriz	GC-19	137
Nava de la Riva J.C.	RP-04	309	Ortega Equihua Juan José	SRSIG-13	348
Nava de la Riva J.C.	VOLG-30	397	Ortega G. B.	GC-18	137
Nava E.	SISG-10	369	Ortega Guerrero Beatriz	GC-10	133
Nava F.A.	SISG-23	374	Ortega Guerrero Beatriz	GC-16	136
Nava M.	GEOMAG-17 CARTEL	222	Ortega Guerrero M. Adrián	EDUG-04	110
Nava Ma. Magdalena	CAC-08	99	Ortega Guerrero M.A.	GEOH-12	123
Nava P. F. Alejandro	SISG-40	381	Ortega Gutiérrez	GEOQP-31	249
Nava Pichardo Fidencio Alejandro	SISG-41	382	Ortega Gutiérrez F.	GET-32	161
Nava Sánchez Enrique	SED-07	329	Ortega Gutiérrez F.	GET-31	161
Nava Sánchez Enrique H.	RP-20	317	Ortega Gutiérrez Fernando	GET-33	162
Nava Sánchez Enrique H.	SRSIG-47	363	Ortega Gutiérrez Fernando	GEOQP-06	235
Nava Sánchez Enrique Hiparco	GET-58 CARTEL	176	Ortega Gutiérrez Fernando	GEOQP-27	246
Navarrete F.	GEOH-07	121	Ortega Gutiérrez Fernando	GEOQP-32	249
Navarro Carlos	VOLG-38	401	Ortega Gutiérrez Fernando	SED-19	337
Navarro Carlos	VOLG-39	401	Ortega Obregón Carlos	GEOQP-32	249
Navarro Carlos	VOLG-45 CARTEL	404	Ortega Osorio Alejandro	GEOQP-41	254
Navarro Collado M.	RP-12	314	Ortega Osorio Alejandro	GEOQP-51 CARTEL	259
Navarro Collado M.	RP-13	314	Ortega Ramírez J.	GET-23	155
Navarro Collado M.	RP-31 CARTEL	324	Ortega Ramírez J.	GEOM-04	224
Navarro O. Carlos	RP-14	315	Ortega Rivera Amabel	SISG-44 CARTEL	382
Navarro Ochoa Carlos	VOLG-13	389	Ortiz Acevedo O.	RP-04	309
Naymova E.E.	SISG-06	368	Ortiz Acevedo O.	VOLG-30	397
Negrete Redondo Pilar	GEOQP-44	255	Ortiz Alemán Carlos	MMG-06	273
Nelson Ben A.	GC-17	137	Ortiz Hernández Luis Enrique	MINC-03	284
Nicolás Alfredo	MMG-06	273	Ortiz Hernández Luis Enrique	EDUG-05	111
Nieto A.	SISG-11	370	Ortiz Hernández Luis Enrique	GEOQP-09	236
Nieto Obregón Jorge	EDUG-08	112	Ortiz Javier	CHI-14	422
Nieto Samaniego A.	GET-12	149	Ortiz Luis Enrique	MINC-01	284
Nieto Samaniego A.F.	EDUG-07	111	Ortiz M.	SISG-18	372
Nieto Samaniego A.F.	EDUG-12 CARTEL	114	Ortiz Mario Arturo	GEOM-11	227
Nieto Samaniego Ángel F.	GET-26	157	Ortiz Miryam	GGP-15	204

Autores	No. de Trabajo	Página	Autores	No. de Trabajo	Página
Ortiz Olguín Miguel	GC-22 CARTEL	139	Pineda Jaimes Noel Bonfilio	SRSIG-09	346
Ortiz Pérez Mario A.	GEOM-16 CARTEL	229	Pineda Muñoz A.	MMG-21	279
Ortiz Pérez Mario Arturo	GEOM-01	223	Pinzón Salazar Teresa	GET-44	168
Ortiz Ubilla Arturo	GET-43	168	Plascencia I.	SISG-09	369
Ortiz Valdez José Gumaro	GGA-11	188	Plascencia Manzo Imelda	VOLG-46 CARTEL	404
Ortuño Arzate Salvador	GET-28	158	Plata Hernández Elvia	SED-02	326
Ortuño Arzate Salvador	GGP-28	209	Plata Luis	OCE-13	297
Osorio Myriam	GEOQP-31	249	Plata R. Wenseslao	SISG-05	368
Ostroumov Mikhail	MINC-03	284	Plata Rocha Wenseslao	SISG-02	367
Ostroumov Mikhail	MINC-06	286	Pola S. Cosme	GGP-27	209
Osuna Pedro	OCE-20	299	Pola Simuta Abel	GGP-09	201
Oviedo Pérez Adán E.	GGP-01	197	Polaco Oscar J.	GC-14	135
Pacheco Alvarado J.	SISG-14	371	Pontoise B.	GET-23	155
Pacheco Gutiérrez Carlos	GGP-19	206	Portugal E.	VOLG-47 CARTEL	405
Pacheco J.F.	SISG-18	372	Portugal M. E.	VOLG-54 CARTEL	408
Pacheco J.F.	SISG-36	379	Posada Sánchez A.E.	IGRGG-09	267
Pacheco Javier Fco.	SISG-15	371	Posada Sánchez A.E.	IGRGG-11	268
Pacheco Javier Francisco	SISG-37	380	Posada Sánchez A.E.	SISG-20	373
Pacheco Jesús	GET-47	170	Preciado Jorge	SRSIG-49	364
Pacheco Jesús	GGA-26 CARTEL	196	Prol Ledesma R.M.	GEOM-02	223
Pacheco M. Jesús	FSDR-06	425	Prol Ledesma R.M.	SRSIG-23	353
Padilla Gordon Hugo	CAC-29 CARTEL	107	Prol Ledesma Rosa Ma.	GEOQP-10	237
Padilla Hernández Roberto	OCE-20	299	Prol Ledesma Rosa María	GEOQP-11	237
Padilla Sixto Roberto	GGP-19	206	Prol Ledesma Rosa María	SRSIG-33	357
Palacio Aponte Álvaro Gerardo	RP-24 CARTEL	320	Prol Ledesma Rosa María	YM-04	411
Palacios Berruete Hyptia	GEOQP-39	253	Puente Frago Luis A.	GGP-09	201
Palma M. Germán	SRSIG-19	351	Puig Donnelly J.M.	OCE-21	299
Paniagua Chávez V.	CAC-04	97	Pulido Madrigal Leonardo	SRSIG-18	350
Paniagua Chávez V.	CAC-10	99	Pulinets S.	RP-03	308
Pardo Castro G.	GEOM-02	223	Quaas Roberto	CHI-14	422
Parés Sierra A.F.	OCE-22	300	Raciel de Dios Sánchez Diego	SRSIG-38	359
Parés Sierra Alejandro	OCE-01	292	Ramasamy S.	GEOQP-35	251
Parés Sierra Ana Laura	OCE-16	298	Ramírez Cruz Luis C.	GGP-16	204
Parga Pérez José de Jesús	GEOQP-09	236	Ramírez Chávez Fernando	IGRGG-12	268
Parra Barrera Ángel	GGA-17	191	Ramírez Elisa	GEOQP-46	256
Parra David	MMG-06	273	Ramírez Espinosa Joel	GET-69 CARTEL	181
Parrot Jean François	GEOM-14	229	Ramírez Espinosa Joel	IGRGG-13	268
Parrot Jean François	GEOM-19 CARTEL	230	Ramírez Espinosa Joel	SED-27 CARTEL	342
Paulssen Hanneke	SISG-34	379	Ramírez Espinosa Joel	YM-10 CARTEL	414
Paz Moreno Francisco	GEOM-05	225	Ramírez Fernández Juan Alonso	GEOQP-33	250
Paz Moreno Francisco A.	GC-28 CARTEL	142	Ramírez Fernández Juan Alonso	GEOQP-34	250
Paz Moreno Francisco A.	GEOQP-12	238	Ramírez Guzmán A.H.	VOLG-53 CARTEL	407
Paz Moreno Francisco A.	GEOQP-13	238	Ramírez Hernández Jorge	GEOH-11	123
Peláez Gaviria J.R.	GEOM-02	223	Ramírez Isabel	OCE-10	296
Peñaflor Pablo	GEOQP-36	251	Ramírez Isabel	OCE-11	296
Peñaflor Pablo	GC-28 CARTEL	142	Ramírez Jiménez R.	RP-25 CARTEL	321
Peñalba Garmendía M. Cristina	OCE-19	298	Ramírez L. Ángel	GET-67 CARTEL	180
Perelló Reina Diego	SRSIG-35	358	Ramírez Rafael	OCE-11	296
Pérez A.	MMG-09	274	Ramírez Ruiz Juan José	GEOH-23 CARTEL	129
Pérez Aguilar V.	GGP-03	198	Ramírez Ruiz Juan José	SRSIG-53 CARTEL	365
Pérez B. Cirilo	SED-01	326	Ramírez Ruiz Juan José	VOLG-18	392
Pérez Cruz Ligia	SRSIG-32	357	Ramírez Ruiz Juan José	VOLG-52 CARTEL	407
Pérez Damián José Luis	GEOMAG-12	219	Ramírez Vázquez Carlos A.	SISG-45 CARTEL	383
Pérez Enríquez P.	MMG-18	278	Ramírez Vázquez Carlos A.	VOLG-40	402
Pérez Enríquez R.	SISG-25	375	Ramos González Víctor Manuel	OCE-23	300
Pérez Enríquez R.	MINC-02	284	Ramos Hernández S.G.	CHI-12	421
Pérez F. Miguel	GEOH-18	126	Ramos Hernández S.G.	CHI-13	421
Pérez Flores M.A.	RP-19	317	Ramos Herrera Gabriel	GGP-09	201
Pérez Flores Marco A.	MMG-08	274	Ramos Jaime	GGP-15	204
Pérez Flores Marco Antonio	MMG-15	276	Ramos S.	CHI-07	418
Pérez Flores Marco Antonio	OCE-04	293	Ramos Silvia	CHI-14	422
Pérez Lezama E.L.	GEOM-02	223	Ramos Silvia H.	VOLG-35	400
Pérez Mortera H.	SRSIG-39	360	Randall Roberts John A.	IGRGG-17	270
Pérez Navarro José	GGA-25 CARTEL	196	Randall Roberts John A.	MMG-25 CARTEL	281
Pérez Rodríguez R.Y.	RP-04	309	Randall Roberts John A.	YM-12 CARTEL	414
Pérez Román A.M.	VOLG-30	397	Rasson J.L.	GEOMAG-11	219
Pérez Román A.M.	GGP-30	210	Rebollar Cecilio	SISG-28	376
Pérez Rosales C.	SISG-36	379	Rebollar Cecilio J.	SISG-07	368
Pérez Santana J.	SISG-14	371	Rebollar Cecilio J.	SISG-34	379
Pérez Soto A.	SISG-20	373	Rebolledo Vieyra M.	GET-23	155
Pérez Soto A.	GEOM-01	223	Reisberg L.	YM-01	409
Pérez Vega Azucena	SISG-07	368	Renno Nilton	CAC-23	105
Pérez Vertti Arturo	SISG-34	379	Rey Contreras Jaime	GC-22 CARTEL	139
Pérez Vertti Arturo	MMG-10	275	Reyes Cortés Ignacio A.	GEOH-02	117
Pervago E.	GET-64 CARTEL	179	Reyes Cortés Ignacio A.	GEOQP-25	245
Peterson Rodríguez Rolando	GET-18	152	Reyes Dávila G.	SISG-08	369
Petrone Chiara	GGP-05	199	Reyes Dávila G.	SISG-09	369
Philp R. Paul	GEOQP-18	241	Reyes Dávila G.A.	VOLG-14	390
Pi Teresa	SRSIG-17	350	Reyes Dávila Gabriel	VOLG-37	400
Pineda Jaimes Noel B.					

Autores	No. de Trabajo	Página	Autores	No. de Trabajo	Página
Reyes Dávila Gabriel A.	SISG-38	380	Ronquillo Jarillo Gerardo	MMG-29 CARTEL	282
Reyes Dávila Gabriel A.	SISG-41	382	Rosales Contreras Eduardo	GGP-18	205
Reyes Dávila Gabriel A.	SISG-45 CARTEL	383	Rosales Pedro	OCE-20	299
Reyes Dávila Gabriel A.	VOLG-40	402	Rosales Rodríguez Joel	GET-45	169
Reyes Gabriel	VOLG-39	401	Rosas Elguera J.	GET-10	148
Reyes López Jaime Alonso	GEOH-13	123	Rosas Elguera J.	GEOQP-03	233
Reyes Salas M.	GEOQP-56 CARTEL	262	Rosas Elguera José	GC-08	132
Reyes Salas Margarita	GET-33	162	Rosas Elguera José	GEOMAG-01	216
Reyes Salas Margarita	GEOQP-27	246	Rosas Elguera José	GEOMAG-14 CARTEL	220
Reyes Salas Margarita	MINC-04	285	Rosas Elguera José	GET-11	149
Reyes Salas Margarita	MINC-07	287	Rosas Elguera José	GET-61 CARTEL	178
Reyes Salas Margarita	MINC-08	288	Rosas Elguera José	VOLG-48 CARTEL	405
Reyes Santos L.	IGRGG-11	268	Rossotti Andrea	RP-15	315
Riggan Philip J.	SRSIG-52 CARTEL	365	Roure Francois	GET-28	158
Righter K.	GEOQP-26	246	Rouwet Dmitri	CHI-09	419
Ríos Delgado Samantha Beatriz	SRSIG-48	363	Royer J.Y.	GET-23	155
Ríos López Jaime	GGP-23	207	Royo Ochoa Miguel	GEOQP-22	244
Ritsema Jeroen	SISG-34	379	Royo Ochoa Miguel	SED-23 CARTEL	340
Rivas David	CAC-15	101	Rueda Gaxiola Jaime	GET-39	166
Rivas Jorge	GC-20 CARTEL	138	Rueda Gaxiola Jaime	GET-44	168
Rivas O. Jorge	GC-18	137	Rueda Gaxiola Jaime	GET-59 CARTEL	177
Rivas Sánchez M.	YM-02	409	Rueda Gaxiola Jaime	GGP-38	214
Rivera Díaz Miguel Agustín	CAC-22	104	Rueda H.	VOLG-22	394
Rivera Jaramillo Julia	FSDR-05	424	Rueda Hurtado Rocío	SRSIG-13	348
Rivera Pedro	SRSIG-19	351	Rueda Hurtado Rocío	SRSIG-15	349
Rivera Recillas David E.	GGP-10	202	Ruiz J.	GEOQP-26	246
Rizzo Andrea	GEOQP-47 CARTEL	257	Ruiz Joaquín	GEOQP-28	247
Robles Camacho Jasinto	GEOQP-17	240	Ruiz Joaquín	GET-69 CARTEL	181
Robles Camacho Jasinto	MINC-07	287	Ruiz Sarmiento Miguel A.	RP-17	316
Robles Camacho Jasinto	MINC-08	288	Ruiz Suárez L.G.	CAC-07	98
Rodríguez Alejandro	GC-12	134	Ruiz Suárez Luis Gerardo	CAC-06	98
Rodríguez C. R.	GEOH-07	121	Ruiz Violante Agustín	GGP-39 CARTEL	215
Rodríguez Castañeda J.L.	SED-06	328	Rutz M.	SISG-08	369
Rodríguez Castañeda José Luis	GET-41	167	Rutz M.	SISG-09	369
Rodríguez Castañeda José Luis	GET-54 CARTEL	173	Ryzhenko B.N.	GEOQP-45	256
Rodríguez Chávez F.	GET-13	150	Sabina Císcar Federico	MMG-22	280
Rodríguez Chávez F.	GEOM-02	223	Sabina F.J.	SISG-30	377
Rodríguez Díaz Beatriz	EDUG-02	109	Sabina Federico J.	YM-08	413
Rodríguez F. Dionisio	GGP-03	198	Sabinin V.	MMG-19	278
Rodríguez Galeotti Eleazar	YM-11 CARTEL	414	Sáenz Ambríz H.	VOLG-51 CARTEL	407
Rodríguez Julio	CAC-27 CARTEL	106	Sagal Daniel	SRSIG-45	362
Rodríguez M.	SISG-21	373	Sahay Pratap N.	SISG-46 CARTEL	383
Rodríguez M.	SISG-27	376	Salazar Peña Leobardo	SISG-39	381
Rodríguez M.H.	VOLG-07	386	Saldaña Flores Ricardo	SRSIG-22	352
Rodríguez Pimienta Martín	GET-66 CARTEL	180	Saldívar Reyes M.	OCE-15	297
Rodríguez Ramírez Alejandro	GC-24 CARTEL	140	Salinas Juan Carlos	GEOQP-53 CARTEL	260
Rodríguez Ramírez Alejandro	GC-27 CARTEL	141	Salinas Prieto J. Carlos	VOLG-48 CARTEL	405
Rodríguez Ríos Rodolfo	GEOQP-21	243	Salinas Prieto José Antonio	CAC-18	102
Rodríguez Rodríguez Xóchitl	GGA-12	189	Salinas Prieto Juan Carlos	SED-09	330
Rodríguez S.	VOLG-26	395	Salvador Flores Rosalba	SED-24 CARTEL	341
Rodríguez Saavedra Pedro	GEOQP-33	250	Salvatore Inguagliato	GEOQP-47 CARTEL	257
Rodríguez Sergio R.	RP-27 CARTEL	322	Samaniego Verduzco F.	GGP-30	210
Rodríguez Sergio R.	RP-28 CARTEL	322	Sánchez Espinoza José Francisco	GEOM-06	225
Rodríguez Torres Rafael	GEOH-06	120	Sánchez Gómez Rubén	CAC-03	97
Rojas Carmona Juan de Dios	EDUG-09	113	Sánchez Gómez Rubén	CAC-05	97
Rojas Carmona Juan de Dios	RP-06	310	Sánchez Hernández Ricardo	GEOQP-17	240
Rojas Carmona Juan de Dios	RP-23 CARTEL	319	Sánchez Hernández Ricardo	MINC-07	287
Rojas Maldonado Nubia Gabriela	MINC-12 CARTEL	290	Sánchez Hernández Ricardo	MINC-08	288
Rojas Purón Arturo	EDUG-06	111	Sánchez J.	RP-09	312
Rojas Purón Arturo	MINC-10 CARTEL	289	Sánchez Lu Fernando	GGP-11	202
Rojas Purón Arturo	MINC-11 CARTEL	289	Sánchez Montante O.	OCE-14	297
Rojo Gracia Paulino	RP-20	317	Sánchez O.	SISG-03	367
Rojo Paulino	SRSIG-39	360	Sánchez Osio Héctor	GGA-15	191
Roldán Quintana Jaime	GEOQP-14	239	Sánchez Osio José Luis	GGA-15	191
Román R. J. Rogelio	GGP-02	197	Sánchez Osvaldo	IGRGG-16	270
Romero B.I.	VOLG-54 CARTEL	408	Sánchez Osvaldo	FSDR-04	424
Romero Francisco M.	GGA-06	185	Sánchez Pérez Juan	GGP-36	213
Romero Jarero Jorge	GEOQP-44	255	Sánchez Ramírez David	SED-09	330
Romero Oscar M.	SISG-35	379	Sánchez Rentería E.C.	GEOQP-43	255
Romero Vadillo Eleonora	MMG-02	272	Sánchez Sergio	SRSIG-51 CARTEL	365
Romo José M.	GET-48	170	Sánchez Velasco L.	OCE-02	292
Ronquillo G.	GGP-20	206	Sánchez Velasco L.	OCE-04	293
Ronquillo J. G.	GGP-33	212	Sánchez Velasco Laura	OCE-03	293
Ronquillo J. Gerardo	GGP-25	208	Sánchez Zavala José Luis	MINC-09	288
Ronquillo J. Gerardo	GGP-27	209	Sandoval O. J. Héctor	GGP-29	210
Ronquillo Jarillo G.	MMG-19	278	Sandoval Ochoa J.H.	GET-03	144
Ronquillo Jarillo Gerardo	GGP-10	202	Sandoval Ochoa J.H.	MMG-16	277
Ronquillo Jarillo Gerardo	GGP-26	208	Sandoval Ochoa José Héctor	OCE-23	300
Ronquillo Jarillo Gerardo	GGP-34	212	Sandoval Ochoa José Héctor	SED-22	339

Autores	No. de Trabajo	Página	Autores	No. de Trabajo	Página
Santa María del Ángel Eduardo	SRSIG-41	360	Skiba Yuri N.	OCE-12	296
Santamaría Orozco Demetrio	GGP-18	205	Smith Patrick E.	GEOQP-19	242
Santiago Jiménez Hydyn	VOLG-18	392	Soares López Juracy	RP-02	308
Santos Cerquera Clemencia	SRSIG-16	349	Solari L. Luigi	GEOQP-32	249
Santoyo E.	GEOQP-38	252	Solari L.A.	GET-31	161
Santoyo G. Sócrates	VOLG-50 CARTEL	406	Solari Luigi	GET-33	162
Santoyo Gutiérrez Edgar	VOLG-08	387	Solé Jesús	GEOQP-18	241
Santoyo Hermilo	SRSIG-39	360	Solé Jesús	GEOQP-53 CARTEL	260
Santoyo Miguel Ángel	SISG-24	374	Solé Salgado O.	GGP-25	208
Santoyo Miguel Ángel	SISG-37	380	Solé Viñas Jesús	GET-33	162
Sarmiento López Citlalli	GGP-23	207	Soler A. A.M.	GC-18	137
Sarocchi D.	VOLG-42 CARTEL	403	Soler Ane	GC-19	137
Sarytchikhina O.	SISG-04	368	Soler Arechalde A.M.	GC-15	136
Sarytchikhina O.	SISG-23	374	Soler Arechalde A.M.	GEOMAG-15 CARTEL	221
Saucedo Quiñones Daniel	GGA-17	191	Solís Gabriela	GEOQP-31	249
Saucedo R.	RP-09	312	Solís Limón Ma. Fernanda	GEOM-05	225
Saucedo R.	VOLG-27	396	Solís P. Gabriela	GET-67 CARTEL	180
Saucedo R.	CHI-04	417	Solís Pichardo G.	GEOQP-02	232
Scepan Joseph	SRSIG-06	345	Solís Pichardo G.	GET-17	152
Scolamacchia Teresa	CHI-10	420	Solís Pichardo G.	GEOQP-04	233
Scott M.K.	CHI-11	420	Solís Pichardo G.	GEOQP-48 CARTEL	257
Schaaf P.	GET-17	152	Solís Pichardo Gabriela	GEOQP-05	234
Schaaf P.	GEOQP-02	232	Solís Valdez S.	GGA-22 CARTEL	194
Schaaf P.	GEOQP-03	233	Solís Valdez S.	GGA-23 CARTEL	195
Schaaf P.	GEOQP-04	233	Solorio Munguía G.	GGA-22 CARTEL	194
Schaaf P.	GEOQP-48 CARTEL	257	Solorio Munguía G.	GGA-23 CARTEL	195
Schaaf Peter	GC-01	130	Solorza Selene	SISG-46 CARTEL	383
Schaaf Peter	GEOQP-05	234	Solleiro E.	GC-13	135
Schaaf Peter	GEOQP-17	240	Solleiro E.	GC-21 CARTEL	139
Schaaf Peter	SISG-44 CARTEL	382	Solleiro Elizabeth	GC-19	137
Schwenicke Tobias	SED-02	326	Solleiro Elizabeth	GC-20 CARTEL	138
Sedov S.	GC-13	135	Solleiro R. E.	GC-18	137
Sedov S.	GC-18	137	Sorani Valentino	GEOM-11	227
Sedov S.	GC-21 CARTEL	139	Sorani Valentino	SRSIG-07	345
Sedov Sergei	GC-19	137	Sorani Valentino	SRSIG-54 CARTEL	366
Sedov Sergey	GC-20 CARTEL	138	Sorani Valentino	VOLG-12	389
Selis Manuel	GEOH-23 CARTEL	129	Sosa Ceballos G.	GEOQP-04	233
Selis Manuel	SRSIG-53 CARTEL	365	Sosa Nájera Susana	GC-11	134
Seminario de Meteorítica	MINC-13 CARTEL	290	Sosa Nájera Susana	GC-10	133
Serna Gil Adrián Soledad	SRSIG-21	352	Sosa Patrón Alejandro A.	GGP-05	199
Serrato Díaz G.S.	GEOM-02	223	Sosson M.	GET-23	155
Shaaf Peter	GEOQP-31	249	Soto Pedro	GEOH-14	124
Shaw John	GEOMAG-03	216	Soto Ríos Lourdes	GGA-04	184
Sheridan M.	VOLG-26	395	Spelz Madero Ronald	GET-50	171
Sheridan M.E.	VOLG-27	396	Spelz Madero Ronald	GET-53	173
Shevnin V.	MMG-10	275	Spinola Molina J.	IGRGG-11	268
Shevnin Vladimir	GGA-15	191	Staines Urías F.	OCE-24 CARTEL	300
Shevnin Vladimir	MMG-12	276	Stanley Zackary	SRSIG-06	345
Shirasago B.	OCE-02	292	Stephenson W.R.	SISG-21	373
Shirasago Germán B.	OCE-04	293	Stock Joann M.	GET-68 CARTEL	181
Shirasago Germán Bernardo	OCE-03	293	Suárez Arriaga Mario César	VOLG-10	388
Shumilin E.N.	GEOQP-45	256	Suárez P. Carlos	VOLG-40	402
Shuttleworth Jim	CAC-24	105	Suárez Plascencia C.	SISG-09	369
Siebe C.	GET-17	152	Suárez Plascencia C.	RP-04	309
Siebe C.	GEOQP-04	233	Suárez Plascencia C.	RP-07	311
Siebe C.	VOLG-22	394	Suárez Plascencia C.	RP-21	318
Siebe C.	VOLG-32	398	Suárez Plascencia C.	SISG-08	369
Siebe G. Christina	GGA-14	190	Suárez Plascencia C.	VOLG-14	390
Siebe Grabach C.	VOLG-31	398	Suárez Plascencia C.	VOLG-30	397
Siebert L.	VOLG-26	395	Suárez Ramírez Gloria	GGP-22	207
Silva García J.T.	GEOH-07	121	Sugiura Yoko	GC-11	134
Silva Mora Luis	FSDR-05	424	Sugiura Yoko	GC-25 CARTEL	141
Silva Parejo G.	GC-26 CARTEL	141	Suriñach Cornet Emma	GET-24	156
Silva Romo G.	EDUG-03	110	Suro Pérez Vinicio	GGP-17	205
Silva Romo G.	EDUG-14 CARTEL	115	Suter Max	SISG-35	379
Silva Romo G.	GET-12	149	Swennen Rudy	GET-28	158
Silva Romo G.	SED-25 CARTEL	341	Szynkaruk Ewa	GET-06	146
Silva Romo Gilberto	GET-14	150	Tagami Takahiro	GET-18	152
Silverberg Norman	GEOQP-42	254	Talavera Mendoza Oscar	GGA-10	187
Sinelnikov V.	RP-03	308	Talavera Mendoza Oscar	GEOQP-28	247
Singh S.K.	SISG-03	367	Talavera Mendoza Oscar	GEOQP-29	248
Singh S.K.	SISG-18	372	Tapia Padilla Gabriela	GEOH-10	122
Singh S.K.	SISG-36	379	Taran Y.	GEOQP-55 CARTEL	261
Singh Shri Krishna	SISG-15	371	Taran Y.	VOLG-53 CARTEL	407
Singh Shri Krishna	SISG-24	374	Taran Yuri	GEOQP-18	241
Singh Shri Krishna	SISG-37	380	Taran Yuri	VOLG-02	384
Skiba Yuri N.	CAC-11	100	Taran Yuri	VOLG-23	394
Skiba Yuri N.	MMG-01	272	Taran Yuri	CHI-09	420
Skiba Yuri N.	MMG-03	272	Tarazón Pacheco Ramses A.	GEOQP-13	238

Autores	No. de Trabajo	Página	Autores	No. de Trabajo	Página
Téllez Alatorre José Armando	RP-26 CARTEL	321	Valencia Islas Juan José	GET-45	169
Téllez Armando	SRSIG-53 CARTEL	365	Valencia Islas Juan José	GGP-14	204
Téllez Duarte M.A.	PALEO-05	304	Valencia Islas Juan José	GGP-22	207
Téllez Duarte Miguel Agustín	PALEO-02	302	Valencia Moreno Martín	GEOQP-14	239
Téllez Flores René Alejandro	GGP-32	211	Valencia V.A.	GEOQP-26	246
Téllez Mariano H.	GGP-08	201	Valentine Greg	MMG-26 CARTEL	281
Tello Hinojosa E.	VOLG-01	384	Valenzuela Salas Herman	SED-12	332
Tereshchenko I.E.	CAC-02	96	Valenzuela Sergio	MINC-01	284
Tereshchenko Irina	OCE-13	297	Valenzuela Wong Raúl	SISG-31	377
Teutle Trujque M.R.	SISG-20	373	Valerio V. Carlos	IGRGG-04	264
Thomas Neil	GEOMAG-05	217	Valiente Banuet A.	GEOM-04	224
Thunell B.	GC-04	131	Vallejo Barba Josefina	EDUG-04	110
Tolson G.	EDUG-07	111	Van Devender Thomas R.	GC-28 CARTEL	142
Tolson Gustavo	GET-26	157	Vaquero Ramón	MINC-01	284
Tolson Jones G.	GET-27	158	Vargas Blancas Antelmo	EDUG-05	111
Tolson Jones Gustavo	GET-43	168	Vargas Cabrera C.	GEOH-12	123
Tomas Luna Juana	YM-08	413	Vargas Cabrera Carlos	SISG-44 CARTEL	382
Torres Alvarado Ignacio S.	GEOQP-39	253	Vargas Cabrera Carlos	FSDR-07	425
Torres De León Rafael	GET-35	163	Vargas Cabrera Carlos	FSDR-08	426
Torres de León Rafael	GEOQP-30	248	Vargas del Río David	IGRGG-01	263
Torres Hernández J.R.	IGRGG-15	269	Vargas del Río David	IGRGG-19 CARTEL	271
Torres Hernández J.R.	VOLG-31	398	Vargas Silva F.J.	RP-25 CARTEL	321
Torres Jorge	SRSIG-44	361	Varley N.	GEOQP-52 CARTEL	260
Torres Rodolfo J.	VOLG-06	386	Varley Nick	VOLG-02	384
Torres Rodríguez Vicente	GEOM-11	227	Varley Nick	VOLG-17	392
Torres Rodríguez Vicente	SRSIG-07	345	Varley Nick	VOLG-23	394
Torres Rodríguez Vicente	SRSIG-45	362	Vasconcelos F. Manuel	GEOQP-34	250
Torres Rodríguez Vicente	VOLG-12	389	Vassallo L.F.	YM-03	410
Torres Vargas Ricardo	SED-05	328	Vázquez A.	VOLG-07	386
Torres Vera Marco Antonio	SRSIG-33	357	Vázquez Castro Gabriel	GC-16	136
Toudert Djamel	SRSIG-12	348	Vázquez Contreras Adolfo	MMG-14	276
Tovar Cortés J.A.	GET-42	167	Vázquez Gabriela	GC-12	134
Trampert Jeannot	SISG-34	379	Vázquez González Rogelio	GEOH-20	127
Trejo E.	SISG-08	369	Vázquez Paulino Juan Carlos	SRSIG-10	347
Trejo Gómez E.	RP-07	311	Vázquez Paulino Juan Carlos	SRSIG-11	347
Trejo Gómez E.	SISG-09	369	Vázquez Selem Lorenzo	GEOM-03	224
Trejo S. Manuel	SISG-05	368	Vega Carrillo Jesús	EDUG-12 CARTEL	114
Trejo Soto Manuel	SISG-02	367	Vega Granillo Eva Lourdes	GEOH-10	122
Troyo Diéguez S.	OCE-15	297	Vega Guzmán Álvaro	SRSIG-36	358
Turrent Thompson Cuauhtémoc	SED-07	329	Vega Márquez T. Fernández de la	SRSIG-23	353
Turro Breff Alberto	MINC-11 CARTEL	289	Vega Ricardo	GEOQP-29	248
Uribe Antonio	SRSIG-51 CARTEL	365	Velasco de León Patricia M.	SED-24 CARTEL	341
Uribe Carvajal Antonio	IGRGG-08	266	Velasco Herrera Graciela	SRSIG-43	361
Uribe Hernández R.	MMG-16	277	Velasco Herrera V.M.	SISG-06	368
Uribe Jesús	GET-70 CARTEL	182	Velasco Herrera Víctor Manuel	SRSIG-43	361
Uribe Luna Jesús	SRSIG-25	353	Velasco Herrera Víctor Manuel	SRSIG-48	363
Urrutia F. J.	GC-18	137	Velasco Tapia F.	GEOQP-38	252
Urrutia Fucugauchi J.	GC-15	136	Velasco Tapia Fernando	GET-44	168
Urrutia Fucugauchi J.	GC-26 CARTEL	141	Velasquillo M. Luis G.	GET-04	145
Urrutia Fucugauchi J.	GET-09	148	Velázquez A.	SRSIG-27	354
Urrutia Fucugauchi J.	GET-11	149	Velázquez A.	SRSIG-29	355
Urrutia Fucugauchi J.	GET-13	150	Velázquez A.	SRSIG-34	358
Urrutia Fucugauchi J.	GEOMAG-07	218	Velázquez A.	SRSIG-35	358
Urrutia Fucugauchi J.	GEOMAG-15 CARTEL	221	Velázquez Durán Rodrigo	GC-23 CARTEL	140
Urrutia Fucugauchi J.	GEOM-02	223	Velázquez Montes Alejandro	GEOM-01	223
Urrutia Fucugauchi J.	GEOM-04	224	Velez Julio	YM-13 CARTEL	415
Urrutia Fucugauchi J.	MMG-21	279	Vera Sánchez Pedro	GEOQP-16	240
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOMAG-01	216	Verma M.	VOLG-01	384
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOMAG-04	217	Verma Mahendra P.	EDUG-10	113
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOMAG-14 CARTEL	220	Verma Mahendra P.	VOLG-03	385
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOQP-22	244	Verma S.P.	GEOQP-35	251
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOQP-49 CARTEL	258	Verma Surendra P.	GEOQP-01	232
Urrutia Fucugauchi Jaime	SED-23 CARTEL	340	Verma Surendra P.	GEOQP-38	252
Urrutia Fucugauchi Jaime	GGA-13	190	Verma Surendra P.	GEOQP-39	253
Vaca P. R.	SED-27 CARTEL	342	Verma Surendra P.	VOLG-08	387
Vachard Daniel	GC-25 CARTEL	141	Victoria Morales Alfredo	EDUG-09	113
Valadez Cruz Francisco	CAC-25	105	Victoria Morales Alfredo	MINC-05	286
Valdés Arturo	VOLG-35	400	Victoria Morales Alfredo	MINC-12 CARTEL	290
Valdés Carlos G.	VOLG-33	399	Victoria Morales Alfredo	YM-09 CARTEL	413
Valdés Carlos M.	VOLG-15	390	Vidal García Martín Carlos	RP-18	317
Valdés González C.	VOLG-34	399	Viera Decida Federico	GEOQP-34	250
Valdés González C.	GEOQP-55 CARTEL	261	Vilaclara Fatjó Gloria	GC-24 CARTEL	140
Valdez G.	GET-17	152	Vilaclara Fatjó Gloria	GC-27 CARTEL	141
Valdez Moreno G.	GEOQP-02	232	Vilaclara Gloria	GC-07	132
Valdez Moreno G.	GET-10	148	Vilaclara Gloria	GC-12	134
Valdivia Ornelas L.	MMG-22	280	Vilchis Franco Rodrigo	GEOH-03	119
Valdiviezo Mijangos Oscar Cerapio	SISG-30	377	Villa Gómez D.K.	CAC-04	97
Valdiviezo O.C.	SED-18	336	Villa Gómez D.K.	CAC-10	99
Valencia Guzmán Nelly Ivonne	GET-02	144	Villa Terán Alberto	RP-16	316
Valencia Islas Juan José					

Autores	No. de Trabajo	Página
Villamor Pilar	SISG-44 CARTEL	382
Villanueva Elba E.	CAC-28 CARTEL	107
Villanueva Estrada Ruth E.	GEOQP-51 CARTEL	259
Villaseñor Cabral M.G.	YM-07	412
Villaseñor Carlos A.	SRSIG-49	364
Villaseñor Lupita	GGA-06	185
Viramontes David	SRSIG-19	351
Vsevolod Yutis	GGA-19	192
Vsevolod Yutis	GGA-26 CARTEL	196
Vsevolod Yutis	GET-66 CARTEL	180
Walton Derek	GEOMAG-03	216
Wang K.	GET-22	155
Watts Christopher J.	SRSIG-42	361
Watts Christopher	CAC-23	105
Watts Christopher	CAC-24	105
Watts Christopher	CAC-27 CARTEL	106
Watts Christopher J.	CAC-22	104
Watts Christopher J.	SRSIG-21	352
Weber Bodo	GEOQP-15	239
Weber Bodo	GEOQP-19	242
Weber Bodo	GEOQP-20	242
Wettum Arie van	SISG-34	379
Wilson L.G.	GEOH-14	124
Williams Rojas Carlos T.	GGP-07	200
Wruck S. Werner	SRSIG-19	351
Wurl Jobst	GEOH-04	119
Xixi Zhao	GEOMAG-18 CARTEL	222
Xomyakov E.N.	SISG-06	368
Yañez Marcia	SRSIG-19	351
Yi T.	SISG-36	379
Yi Tan Li	SISG-17	372
Yong IL Lee	GEOQP-35	251
York Derek	GEOQP-19	242
Yussim Guarneros Sergio	EDUG-01	109
Yussim Guarneros Sergio	EDUG-13 CARTEL	115
Yutis S.	MMG-28 CARTEL	282
Zaldívar Ruiz Jorge	GET-25	156
Zambrano A. Manuel	GGP-03	198
Zamora Camacho Araceli	VOLG-37	400
Zamora Osbaldo	YM-04	411
Zamorano Orozco José Juan	GEOM-17 CARTEL	230
Zamorano Orozco José Juan	GEOM-18 CARTEL	230
Zamudio Ángeles David J.	SED-09	330
Zamudio Lara A.	MMG-07	274
Zamudio Zavala Pablo	IGRGG-07	266
Zárate del Valle Pedro F.	GEOQP-40	253
Zárate del Valle Pedro F.	IGRGG-01	263
Zárate del Valle Pedro F.	IGRGG-19 CARTEL	271
Zavala Sánchez Gabriela Vanessa	GEOH-17	125
Zavala Sansón L.	MMG-23 CARTEL	280
Zaytsev O.	OCE-14	297
Zaytsev O.	OCE-15	297
Zaytsev Oleg	MMG-02	272
Zermeño Eguía L.S.	MMG-16	277
Ziga Rodríguez Genaro	GGP-09	201
Zobin Vyacheslav M.	SISG-38	380
Zobin Vyacheslav M.	VOLG-36	400

[illegible]

EDUC-Educación en Ciencias, GEOH-Geohidrología, GC-Geología del Cuaternario, GET-Geología Estructural, Tectónica y Tectonolítica, GGA-Geología y Geofísica Ambiental, GEOMAG-Geomagnetismo y Paleomagnetismo, GEOM-Geomorfología, GEOOP-Geomorfología, GEOR-Geología, Riesgo Geológico y Geotécnica, MMG-Métodos y Modelación Geofísicos, MING-Mineralogía y Petrología, IGRG-Ingeniería Geológica, Riesgo Geológico y Geotécnica, MMG-Métodos y Modelación Geofísicos, SIGS-Sistemología y Geodesia, SED-Sedimentología y Estratigrafía, SRSG-Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica, SIGS-Sistemología y Geodesia, FSDR-Fracturamiento y Subsistencia en Depósitos Recientes

Recordamos a todos los miembros de la Unión Geofísica Mexicana, A.C.
que la cuota para el 2002 es de \$350.00 para investigadores
y \$250.00 para estudiantes.

página internet: 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

Araceli Chamán
Depto. de Posgrado, Instituto de Geofísica,
UNAM
Cd. Universitaria, Delegación Coyoacán,
México, 04510, D.F., México
Correo electrónico: achaman@igeofcu.unam.mx

Con un cordial saludo

Luis A. Delgado Argote
Secretario de Difusión

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

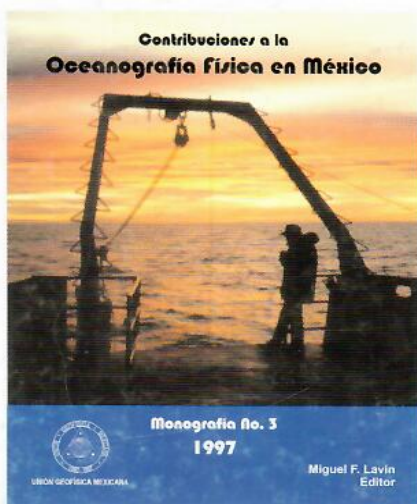
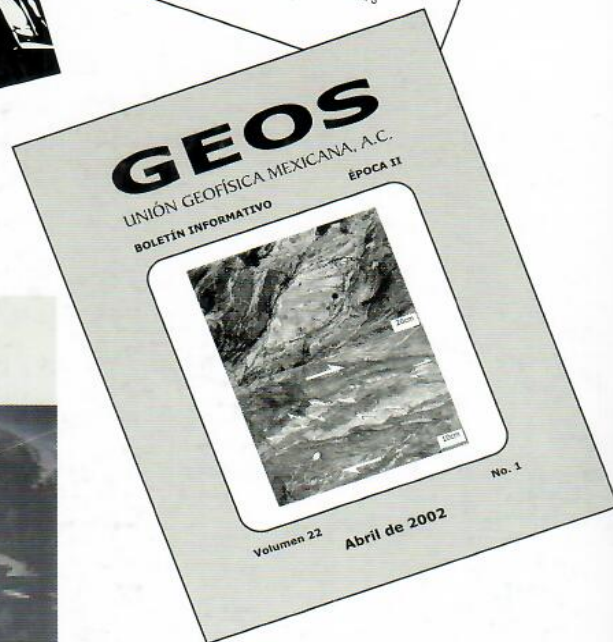
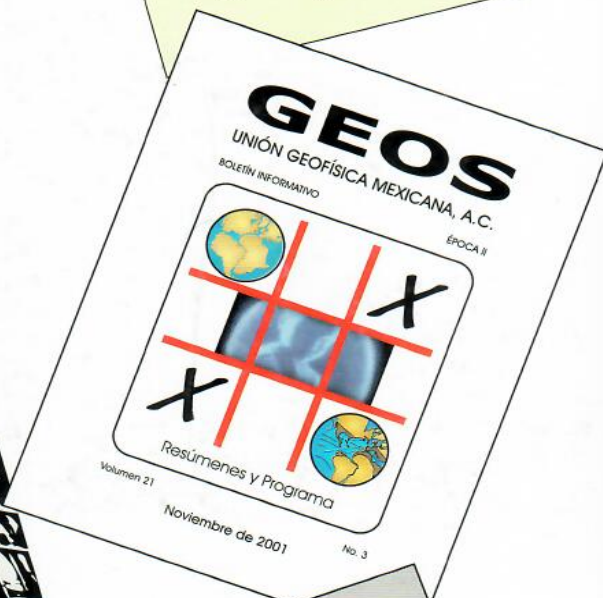
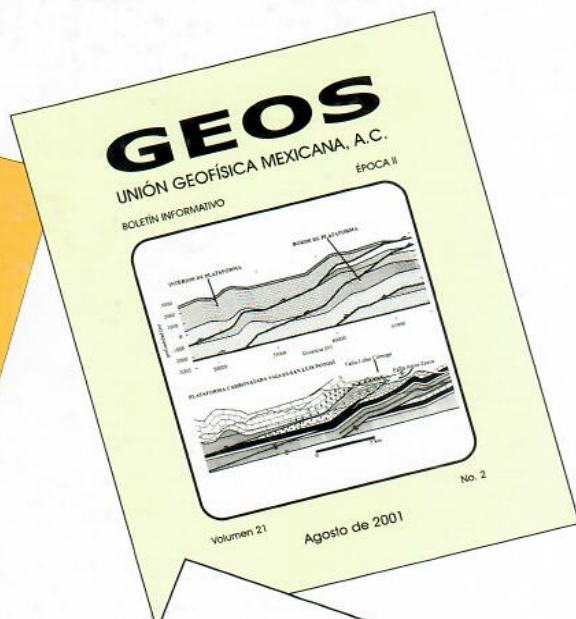
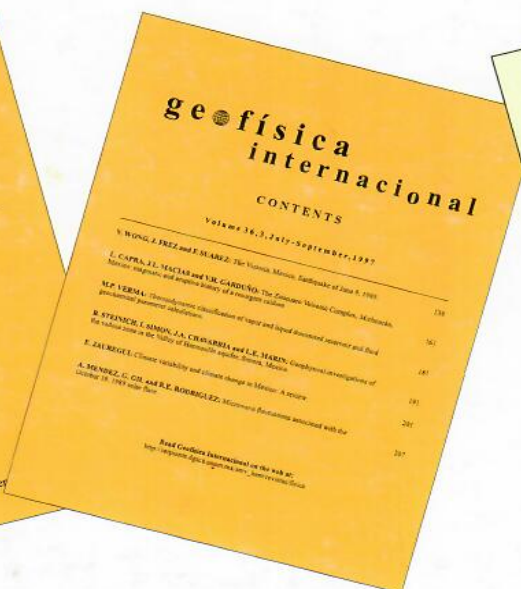
Revista a la venta con:

Ivonne Pedrín Morales
División de Ciencias de la Tierra
Tel: 01(646)174-5050
Ext: 26004
Correo electrónico: ipedrin@cicese.mx

Costo del ejemplar \$60.00

Araceli Chamán
Depto. de Posgrado
Instituto de Geofísica
Tel: (01)5622-4130 y 5622-4137
Correo electrónico: achaman@igeofcu.unam.mx





Tus trabajos de investigación y divulgación tienen cabida en estos foros de la Unión Geofísica Mexicana, A.C.