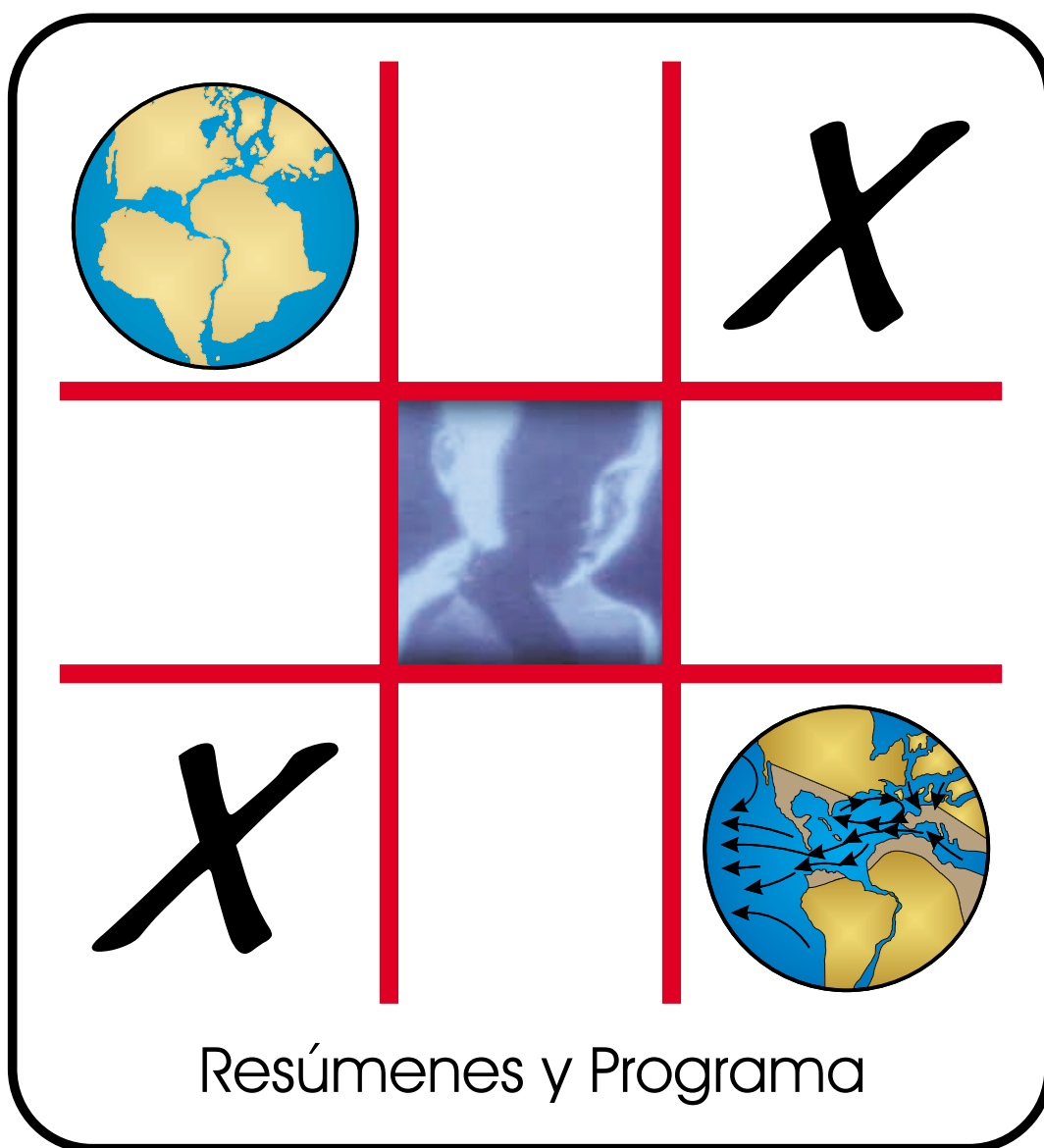


GEOS

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.

BOLETÍN INFORMATIVO

ÉPOCA II



Volumen 21

No. 3

Noviembre de 2001

GEOS

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

GEOS es una revista trimestral 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. Fernando García García
Presidente

Dr. Juan García Abdeslem
Vicepresidente

Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi
Secretario General

Dr. Luca Ferrari Pedraglio
Tesorero

Dr. Enrique Gómez Treviño
Secretario de Investigación

Dr. Luis Alberto Delgado Argote
Secretario de Difusión

Dr. Gustavo Tolson Jones
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, Boletín Informativo de la UGM 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(6)174-5050, Ext. 26060
Fax: 01(6)175-0559
E-mail: ldelgado@cicese.mx

Luis A. Delgado Argote
E-mail: ldelgado@cicese.mx
y
Juan García Abdeslem
E-mail: jgarcia@cicese.mx
Editores

COMITE EDITORIAL

Harald Böhm, Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
Silvia Bravo, Estudios Espaciales, 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

La Reunión Anual 2001 de la Unión Geofísica Mexicana tiene esta vez, como invitada, a la Sociedad Latinoamericana de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial (SELPER) y se desarrollará por cuarta ocasión, el Taller Canadá-México sobre Aplicaciones de la Física de Medios Porosos. Nuestra reunión 2001 registra 519 participaciones que representan una cifra récord, sin contar el taller Canadá-México. Esta vez están representadas en la reunión 135 dependencias de 61 instituciones mexicanas, 34 de Canadá y Estados Unidos, 8 latinoamericanas, 43 europeas y 5 asiáticas, que le dan un carácter cada vez más internacional a este congreso. Por temas, las sesiones más numerosas son esta vez las de Atmósfera y Micrometeorología, Recientes Avances en Paleomagnetismo y Archeomagnetismo, Sismología, Geofísica, Geología Estructural y Tectónica, Oceanografía y Vulcanología. Además, se presentarán dos importantes sesiones sobre monitoreo: Redes Sísmicas en México y Nivel del Mar en México, Monitoreo y Aplicaciones.

En este año se están presentando nuevas propuestas sobre educación, ciencia y tecnología por parte del nuevo gobierno federal, por lo que esperamos que la reunión sirva también para que la comunidad académica de las Ciencias de la Tierra discuta sobre las estrategias que se deben seguir para favorecer su desarrollo. Es deseable que en este amplio foro de discusión se puedan establecer ligas eficientes de intercambio de bases de datos, de movilidad académica y de redes de laboratorios, entre otras, que permitan fortalecer a las más de 200 dependencias que participan en la reunión.

En la Asamblea General de la reunión eligiremos al vicepresidente del periodo 2002-2003 y se dará a conocer la Mesa Directiva para el mismo. La Mesa Directiva saliente aprovecha este espacio para agradecer a la comunidad su confianza y apoyo.

En espera de que esta reunión sea tan cordial y provechosa como las anteriores, la Mesa Directiva y personal de apoyo les damos la más cordial bienvenida a todos.

Finalmente, la Mesa Directiva manifiesta su condolencia por el reciente fallecimiento de nuestro colega Pedro Ripa Alsina, investigador distinguido y líder académico a quien, en 1993, la UGM otorgó la *Medalla Manuel Maldonado-Koerdell* por el impacto científico de su labor.

INSTITUCIONES PARTICIPANTES

Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C.	México
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	México
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería	México
Caltech, Pasadena, California	EUA
CENAPRED, Secretaría de Gobernación	México
Centro Control Contaminación del Pacífico, Tumaco, Nariño, Colombia	Colombia
Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora	México
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste	México
Centro de Investigaciones Sobre Sequía, Instituto de Ecología, A.C.	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 Sismología	México
CICESE, División de Oceanología, Depto. de Ecología	México
CICESE, División de Oceanología, Depto. de Ecología Marina	México
CICESE, División de Oceanología, Depto. de Oceanografía Física	México
CNRS, Laboratoire de Géophysique, Tectonique et Sédimentologie	Francia
Comisión Federal de Electricidad	México
Comisión Federal de Electricidad, Residencia General de Cerro Prieto, Depto. de Geología y Geofísica	México
Comisión Nacional del Agua	México
Comisión Nacional del Agua, Programa de Control de Malezas Acuáticas	México
Consejo de Recursos Minerales, Lab. de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear	México
Consejo Estatal de Protección Civil de Colima	México
Consejo Estatal de Seguridad Pública, GODEZAC	México
Coordinación de Monitoreo Volcanológico-Sismológico, Subsecretaría de Protección Civil	México
Danish Lithosphere Centre, København, Denmark	Dinamarca
Dirección de Tecnología del Consorcio Minero Benito Juárez, Peña Colorada	México
Dirección Estatal de Protección Civil del Estado de Sonora	México
Ducks Unlimited de México, A.C.	México
EcoExel, México	México
Fundación Javier Barros Sierra, Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A.C.	México
GFZ Potsdam, Germany	Alemania
GODEZAC, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas, Depto. de Impacto y Riesgo Ambiental	México
GODEZAC, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas, Depto. de Ordenamiento Ecológico	México
Hydrometeorological Center of Russia	Rusia
INAH, Dirección de Estudios Arqueológicos	México
Institute of Atmosphere Physics of RAS, Hydrometburo of Moscow	Rusia
Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing	China
Institute of Geophysics, Siberian Branch of RAS, Koptug, Novosibirsk	Rusia
Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera", Barcelona	España
Instituto de Geofísica y Astronomía, Cuba	Cuba
Instituto de Investigaciones Eléctricas, Gerencia de Geotermia	México
Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora	México
Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora, Recursos Hídricos	México
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	México
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Coordinación de Tecnología Hidrológica	México
Instituto Mexicano del Petróleo	México
Instituto Mexicano del Petróleo, Diagénesis y Sedimentología	México
Instituto Mexicano del Petróleo, Exploración y Producción de Yacimientos	México
Instituto Mexicano del Petróleo, Gerencia de Tecnología de Producción	México
Instituto Mexicano del Petróleo, Gerencia en Geociencias	México
Instituto Mexicano del Petróleo, Micropaleontología Bioestratigrafía	México
Instituto Mexicano del Petróleo, Programa de YNF	México
Instituto Mexicano del Petróleo, Subdirección de Exploración y Producción Geociencias	México
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Puebla	México
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica	México
Instituto Tecnológico de Sonora	México
IPN, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas	México
IPN, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca	México
IPN, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas	México
IPN, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Depto. de Botánica	México
IPN, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Depto. de Botánica, Lab. de Ecología Vegetal	México
IPN, ESIA	México
IPN, ESIA, Ciencias de la Tierra, Depto. De Vinculación	México
ITMAR	México
Katholieke Universiteit Leuven, Belgie	Belgica
LDEO, Columbia University, New York	EUA
McMaster University, Department of Physics and Astronomy, Hamilton, ON., Canada	Canadá
Moscow State University, Moscow, Russia	Rusia
MSGPA, Russia	Rusia

MSU, Russia	Rusia
NASDA, Tokyo, Japan	Japón
Northwest University, Department of Geology, Xian, China	China
Observatoire Océanologique de Villefranche, Villefranche sur Mer, Francia	Francia
Old Dominion University, Department of Ocean, Earth and Atmospheric Sciences	EUA
Oregon State University	EUA
Pacific Northwest National Laboratory	EUA
PEMEX, Caracterización de Yacimientos, Exploración y Producción	México
PEMEX, Coordinación de Estrategias de Exploración	México
Peñoles, Compañía Minera La Negra, Maconí, Querétaro, México	México
Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, CA.	EUA
Secretaría de Marina, Subdirección de Cartografía	México
SEGOB, Estado de Chiapas	México
Servicio Meteorológico Nacional	México
Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey	México
Smithsonian Institution, Berkeley Geochronology Center, Washington, DC.	EUA
Smithsonian Institution, Department of Mineral Sciences, Washington, DC.	EUA
Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, A.C.	México
Southwest Missouri State University, Springfield, Missouri, USA	EUA
Southwest Missouri State University, Department of Geosciences, Springfield, Missouri	EUA
Tbilisi State University, Geophysics Department, Rep. of Georgia	Rep. de Georgia
Texas A&M University, College of Geosciences, College Station, TX	EUA
Tokyo University	Japón
UABC, Facultad de Arquitectura	México
UABC, Facultad de Ciencias	México
UABC, Facultad de Ciencias Marinas	México
UABC, Instituto de Ingeniería	México
UABC, Instituto de Investigaciones Oceanológicas	México
UABC, Instituto de Investigaciones Sociales	México
UABCS, Ciencias de la Tierra, Depto. de Geomorfología	México
UABCS, Depto. de Geología	México
UABCS, Depto. de Geología Marina	México
UAM, Lab. De Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota, Iztapalapa	México
UAM, Red Interuniversitaria de Instrumentación Sísmica	México
UAMAC, Universidad de Tamaulipas	México
UANL, Facultad de Ciencias de la Tierra	México
UANL, Facultad de Ciencias de la Tierra, Laboratorio para Sistemas de Información Geográfica	México
UANL, Facultad de Ciencias Forestales	México
UASLP, Instituto de Geología	México
UAT, Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias	México
UAZ, Unidad Académica de Ingeniería de Minas, Metalurgia y Geología	México
UMSNH, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas	México
UMSNH, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Depto. de Geología y Mineralogía	México
UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera	México
UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Climatología Física y Dinámica	México
UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Sección de Clima Urbano	México
UNAM, Centro de Instrumentos, Lab. Materiales y Sensores	México
UNAM, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería	México
UNAM, Facultad de Ingeniería	México
UNAM, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	México
UNAM, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología	México
UNAM, Instituto de Ecología	México
UNAM, Instituto de Geofísica	México
UNAM, Instituto de Geofísica, Depto. de Sismología	México
UNAM, Instituto de Geofísica, Depto. de Vulcanología	México
UNAM, Instituto de Geofísica, LUGIS	México
UNAM, Instituto de Geofísica, Planetología y Física Espacial	México
UNAM, Instituto de Geofísica, Posgrado en Ciencias de la Tierra	México
UNAM, Instituto de Geografía	México
UNAM, Instituto de Geología	México
UNAM, Instituto de Geología, Estación Regional del Noroeste	México
UNAM, Instituto de Geología, UNICIT	México
UNAM, Instituto de Ingeniería	México
UNAM, Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas	México
UNAM, Lab. De Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota	México
Universidad Autónoma Chapingo, Depto. de Suelos	México
Universidad Autónoma Chapingo, Lab. De Cómputo y Sistemas de Información Geográfica	México
Universidad Autónoma de Campeche, Centro EPOMEX	México
Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería	México
Universidad Autónoma de Durango, Campus Zacatecas	México
Universidad Autónoma de Querétaro	México

Universidad Autónoma de Sinaloa, Escuela de Ciencias de la Tierra	México
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Centro de Educación Ambiental e Investigación Sierra de Huautla	México
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Arquitectura	México
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Ciencias Biológicas	México
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Lab. Interdisciplinario de Sistemas de Información Geográfica	México
Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Físicas, Depto. de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Madrid,	España
Universidad de Almería, España	España
Universidad de Barcelona, Depto. de Geografía Física	España
Universidad de Burgos, Depto. de Física, España	España
Universidad de Burgos, Escuela Politécnica Superior, España	España
Universidad de Colima, Centro Universitario de Investigaciones en Ciencias del Ambiente	México
Universidad de Colima, Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas	México
<i>Universidad de Colima, Coordinación General de Investigación Científica</i>	México
Universidad de Colima, Facultad de Ciencias	México
Universidad de Colima, Instituto Oceanográfico	México
Universidad de Colima, Observatorio Vulcanológico	México
Universidad de Colima, RESCO, CUEIV	México
Universidad de Guadalajara, Centro de Ciencias de la Tierra	México
Universidad de Guadalajara, Centro de Geociencias	México
Universidad de Guadalajara, Centro de Sismología y Volcanología de Occidente	México
Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias	México
Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Depto. de Ingeniería Civil	México
Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Depto. de Química	México
Universidad de Guadalajara, Depto. de Geografía y Ordenación Territorial	México
Universidad de Guadalajara, Escuela Regional de Ciencias de la Tierra	México
Universidad de Guadalajara, Instituto de Astronomía y Meteorología	México
Universidad de Guadalajara, SisVOC	México
Universidad de Guanajuato	México
Universidad de Guanajuato, CIQI	México
Universidad de la Habana, Facultad de Matemática y Computación, La Habana, Cuba	Cuba
Universidad de Los Andes, Lab. De Geofísica, Facultad de Ciencias, Mérida, Venezuela	Venezuela
Universidad de Pinar del Río, Depto. de Geología, Cuba	Cuba
Universidad de Sonora, Depto. de Física	México
Universidad de Sonora, Depto. de Geología	México
Universidad de Toulouse	Francia
Universidad Ibero-Americana, Asociación Civil LABNA, Campus Santa Fe	México
Universidad Nacional de San Luis, Depto. de Geología, San Luis, Argentina	Argentina
Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina	Argentina
Universidad Nacional, Lab. De Oceanografía y Manejo Costero, Costa Rica	Costa Rica
Universidad Tecnológica de la Mixteca, Instituto de Minería	México
Universidad Veracruzana, Centro de Ciencias de la Tierra	México
Universidad Veracruzana, Facultad de Instrumentación Electrónica	México
Universidad Veracruzana, Licenciatura en Ciencias Atmosféricas	México
Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze della Terra, Italy	Italia
Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Física, Italy	Italia
Université de Montpellier 2, France	Francia
Université Joseph Fourier, Laboratoire de Géologie des Chaînes Alpines, Grenoble, France	Francia
Université Montpellier, GTS Lab., France	Francia
Université Rennes, Lab. De Paleomagnetismo, Francia	Francia
University California Santa Cruz, Center for the Study of Imaging and Dynamics of the Earth	EUA
University of Arizona	EUA
University of Calgary, Department of Geology and Geophysics, Calgary, Canada	Canadá
University of California Santa Cruz, Department of Earth Sciences	EUA
University of Colorado at Boulder, Department of Geological Sciences, Boulder, CO, USA	EUA
University of Copenhagen, Geological Museum, Copenhagen K, Denmark	Dinamarca
University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo, Japan	Japón
University of Hawaii at Manoa, USA	EUA
University of Hawaii, HI, USA	EUA
University of Liverpool, Geomagnetism Lab., UK	Reino Unido
University of Michigan, Department of Geological Sciences	EUA
University of Michigan, USA	EUA
University of Oklahoma, Department of Botany and Microbiology	EUA
University of Pittsburgh, Department of Geology and Planetary Sciences, Pittsburgh, PA., USA	EUA
University of Texas at Austin	EUA
University of Texas at El Paso	EUA
University of Toronto at Mississauga, Department of Physics, Erindale College, Canada	Canadá
University of Toronto, Department of Geophysics, Physics, Toronto, ON, Canada	Canadá

University of Wisconsin, Madison
University Plymouth, Paleomagnetic Lab., UK
USDA, Agricultural Research Service
Utrecht University, The Netherlands
Westfälische Wilhelms-Universität, Institut für Geophysik, Münster, Germany

EUA
Reino Unido
EUA
Países Bajos
Alemania

ÍNDICE GENERAL

	PÁGINA
EDITORIAL	i
INSTITUCIONES PARTICIPANTES	ii

SESIONES

ATMÓSFERA	147
ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA	160
GEOFÍSICA	167
GEOHIDROLOGÍA	182
GEOLOGÍA DE YACIMIENTOS MINERALES	190
GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO	194
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA	198
GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL	218
GEOMORFOLOGÍA	229
GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA	232
MICROMETEOROLOGÍA DE PEQUEÑA Y GRAN ESCALA	242
NIVEL DEL MAR EN MÉXICO: MONITOREO Y APLICACIONES	248
OCEANOGRAFÍA	251
PALEOCEANOGRAFÍA Y PALEOCLIMATOLOGÍA	261
POSICIONAMIENTO GLOBAL SATELITAL (GPS) Y SUS APLICACIONES EN CIENCIAS DE LA TIERRA	264
RECIENTES AVANCES EN PALEOMAGNETISMO Y ARQUEOMAGNETISMO	267
REDES SÍSMICAS EN MÉXICO	284
SISMOLOGÍA	294
USOS DE LA SISMOLOGÍA PARA LA DELIMITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE YACIMIENTOS	309
VULCANOLOGÍA	312
SELPER	327
ÍNDICE DE AUTORES	352
HORARIO DE SESIONES	363
PROGRAMA DE CARTELES	385
PROGRAMA GENERAL	389

Reunión Anual 2001

Sesión

Atmósfera

Martes 6 — Miércoles 7

SALA C

ATM-01

OBRAS COMPLETAS DE JULIÁN ADEM. TOMO 3

René Garduño

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Con las publicaciones producidas por Julián Adem y coautores, después de 1993, se integró un nuevo tomo de sus Obras Completas, cuya recopilación, edición y notas me fueron encargadas por El Colegio Nacional, institución que ahora las tiene en prensa. Este tercer tomo actualiza a los anteriormente publicados. De los 29 artículos de estos últimos siete años, 18 son continuación de la mayoría de los 15 temas incluidos en los tomos previos y 11 artículos abordan cuatro temas nuevos de investigación. El tomo 3 también incorpora tres discursos de Adem en ceremonias importantes, así como cuatro semblanzas y una entrevista que le fueron hechas.

ATM-02

ARE LANDFALLING HURRICANES INCREASING THEIR FREQUENCY IN MEXICO?

Ernesto Jáuregui Ostos

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Hurricane climatology provides a useful tool for the study of potential for damage along the coasts of Mexico, especially when as is the case, the population in coastal areas of the country has considerably increased during the last two decades. In 1990 urban population in the Pacific coasts of Mexico were of the order of more than 2 million while that in the Gulf reached a million and a half (Aguilar, 1999). In this analysis storms that had reached hurricane intensity (65 mph or 120 km/hr) in their trajectory are considered. Also those hurricanes that could have weakened by the time of landfall. The available periods were 1901-2000 (for the Atlantic) and 1951-2000 for the Pacific. With extensive miles of coastline bordering on both oceans Mexico is particularly vulnerable to hurricanes on both its shores. In this study statistics of hurricane landfalls (all categories) in Mexico are examined. Data for hurricane trajectories were provided by courtesy of Chris Landsea, Colorado State University and the Tropical Prediction Center. Other tropical storms impacting on the country are not considered even though they can cause devastating damage. Results show that during the second half of the XXth century Pacific hurricane hits were more frequent in the states of Sinaloa (18 strikes), Baja California Sur (13) and Michoacan (11). In contrast, Gulf/Caribbean landfalls were less frequent (about ½) being the states of Tamaulipas (with 9 hits) on the Gulf of Mexico and Quintana Roo (7) on eastern Yucatan peninsula the most exposed to these storms. During the decades 1931-40, 1941-50 the number of hurricanes of all categories (that made a landfall on the Gulf of Mexico and Caribbean coasts) was well above (58%) the average (9.5 hurricanes/decade) of the entire century. During this period there were 18 hurricanes categories 2 and 3 plus 3 hurricanes category 4 but none of category 5. These decades correspond to the first half of the 40-year period (1930-1960's) identified by FEMA (2001) as the most active in the Atlantic. The last two decades of the century have seen a declining trend of hurricanes affecting the Mexican Gulf and Caribbean coasts. In fact they were the least active in this regard.

During the period 1951-2000 only 12% of all hurricane activity (all categories) in the Atlantic made landfall on Gulf/Caribbean coasts of Mexico while the number of hurricanes that hit the Pacific coast amounted to 24% of the total activity. This means that even though the total number of hurricanes in the Pacific was only 20% higher than in the Atlantic for the period, the percentage of landfalling hurricanes was double than those arriving from the Atlantic. While hurricanes affecting the Pacific coasts show a slight increase since the 1960's, those impacting on the Gulf and Caribbean seem to be markedly (to half) decreasing in numbers during the same period. This last result seems to be in opposition to what is occurring at the scale of the whole Atlantic where 1995-2000 was the busiest period of North Atlantic hurricane activity ever measured. FEMA (2001), suggests that in that area we are at the beginning of a warm Atlantic phase and thus at an active Atlantic hurricane era, similar to that of the 1930-50's.

Since as it has been suggested (FEMA) the Atlantic and Caribbean sea surface temperatures are shifting toward a warm phase, it is likely that more hurricanes will affect the Gulf and Caribbean coasts of Mexico in the coming years. The slight increase in hurricane activity on the Pacific in recent decades might be linked to more extensive and lengthy El Niño events.

ATM-03

ONDAS DEL ESTE EN EL CARIBE DURANTE 1999 Y LAS CONDICIONES DE SU ESTADO BASE

José Antonio Salinas Prieto y Víctor O. Magaña R.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Se identifica un grupo de estudios de caso representativo de Ondas del Este (OE) cuyo impacto en lluvias fue significativo en el sureste de México durante el verano de 1999. Para el período seleccionado se caracteriza la estructura de perturbaciones utilizando análisis espectral, correlación cruzada con corrimiento, reconstrucción estadística y diagramas Hovmöller. La variable representativa de las perturbaciones es viento meridional filtrado entre los rangos de mayor energía espectral, según un análisis espectral aplicado para el período entre 1983 y 1996. Este análisis permitió identificar períodos de mayor actividad de onda y áreas de propagación para dar seguimiento a diversos casos de lluvias por OE en 1999.

Se utiliza la conservación de vorticidad en coordenadas isentrópicas como un trazador activo que permita darle seguimiento a la perturbación. Adicionalmente, se calcula la divergencia de humedad en diferentes niveles como un indicador de convección.

Se aplica un análisis dinámico para el período del evento seleccionado que permite efectuar un diagnóstico de la evolución de OE y las condiciones del estado base de la atmósfera, estimándose energía cinética de perturbación, transformaciones barotrópicas y flujos de momentum debidos a perturbaciones.

Los análisis describen una estructura oscilatoria definida con propagación al este promedio de 6° a 8° lat/día cuya estructura deja ver una longitud de onda de 4° longitud (aproximadamente 4,400 Km.). Las oscilaciones sufren una deflexión al llegar al continente americano, bifurcándose hacia el noroeste hasta Chihuahua y Arizona y suroeste por el Océano Pacífico, para converger en al

Pacífico del Este nuevamente. Estos resultados refuerzan la idea de que un flujo zonal del este, al paso de una barrera orográfica se defleja rodeando la masa montañosa.

Las mayores actividades de onda se dan en julio y septiembre, para el primer caso se observó que las latitudes entre 10°N y 12.5°N son las guías de onda más importantes, mientras que para el segundo, entre 15°N y 17.5 °N, la zona de transición se da en 12.5°N, donde se encuentra una corriente de chorro, cuya inestabilidad barotrópica presumiblemente origina OE en el Caribe.

ATM-04

SIMULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE Y DE LA PROFUNDIDAD DE LA CAPA DE MEZCLA DEL GOLFO DE MÉXICO

Elba E. Villanueva, V.M. Mendoza y J. Adem
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Se utiliza un modelo termodinámico para simular el ciclo anual de la temperatura de la capa de mezcla del Golfo de México. Se estima la profundidad de la capa de mezcla utilizando un modelo basado en la Teoría de Kraus-Turner y se analizan algunas zonas de surgencias en el Golfo.

Los experimentos muestran que las temperaturas y profundidades de la capa de mezcla para verano e invierno concuerdan con los análisis para el Golfo de México publicados por Robinson (1973).

ATM-05

GENERACIÓN DE ANOMALÍAS DE LA TEMPERATURA DEL OCÉANO POR FORZAMIENTOS ATMOSFÉRICOS

J.E. González Gallego, V.M. Mendoza y J. Adem.
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

La ecuación de conservación de la energía térmica aplicada a la capa de mezcla oceánica, ha sido utilizada por varios investigadores para la predicción de anomalías de temperatura en la superficie marina (SSTA, siglas en inglés), con períodos extendidos desde tres hasta doce meses incluso, así como para la predicción estacional de estas anomalías en los océanos Pacífico y Atlántico en el Hemisferio Norte. La ecuación: $\rho_s c_s h_s \{ \partial T_s / \partial t + V_{ST} \cdot \nabla T_s - K_s \nabla^2 T_s + W \} = E_s - G_2 - G_3$ incluye: transporte horizontal de calor por corrientes oceánicas (mezcla turbulenta) y por remolinos turbulentos de gran escala, calentamiento por radiación de onda corta y larga, evaporación y calor sensible cedido a la atmósfera; así como enfriamiento por surgencia. Las predicciones usando los términos de calor muestra alguna habilidad sobre las predicciones de control (persistencia y retorno a la normal). Añadiendo al modelo corrientes anómalas de Ekman mejora apreciablemente la habilidad de predicción de las SSTA del mar a gran escala, y de sus cambios mensuales para períodos extendidos. El poder incorporar al modelo anomalías por surgencia y anomalías en la profundidad en la capa de mezcla, podría aumentar la habilidad de predicción de SSTA en los océanos.

ATM-06

EFFECTOS DE INCENDIOS FORESTALES EN LOS PROCESOS DE INICIACIÓN DE LLUVIA CALIENTE. PARTE I: ESPECTROS DE ACTIVACIÓN

G. Montero Martínez, N. Hernández Carrillo y F. García
García

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Las características microfísicas de las nubes (concentración de gotitas, distribución por tamaños, etc.) y el subsecuente desarrollo de la precipitación son determinados por las partículas de aerosol preexistentes y por la dinámica de la nube. Una manera de describir una población de aerosoles en términos de sus propiedades para la formación de nubes es mediante el espectro de activación. Éste es el número de partículas por unidad de volumen de aire que se activan para formar gotitas de nube, expresado como función de la sobresaturación. Los incendios forestales son una fuente muy importante de emisiones de gases y aerosoles, cuyos efectos en los procesos de precipitación han empezado a ser entendidos y cuantificados, especialmente en los trópicos. En el presente trabajo se describe un método para inferir el espectro de activación a partir de distribuciones observadas de aerosoles producidos por incendios forestales. Los datos fueron obtenidos durante dos proyectos de campo, realizados en Indonesia y en Coahuila; y los resultados se utilizaron para estudiar los efectos en la iniciación, evolución y desarrollo de lluvia caliente, debidos a la modificación del espectro de núcleos de condensación de nube.

ATM-07

EFFECTOS DE INCENDIOS FORESTALES EN LOS PROCESOS DE INICIACIÓN DE LLUVIA CALIENTE. PARTE II: MODELACIÓN

F. García García, N. Hernández Carrillo y G. Montero
Martínez

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Un modelo numérico unidimensional con microfísica detallada fue utilizado para estudiar los efectos de las partículas producidas por la quema de biomasa en los procesos de formación de lluvia caliente. El modelo simula el crecimiento de una población de gotitas de nube durante el ascenso adiabático de una parcela cerrada, a partir de la activación de un espectro de núcleos de condensación de nube (NCN), y representa los procesos de activación, condensación y colisión-coalescencia simultáneamente. Los espectros utilizados en el modelo fueron inferidos a partir de distribuciones de aerosol obtenidas en dos regiones afectadas por incendios forestales, transformando así la población natural de NCN en una con tamaños similares pero con más altas concentraciones. Los resultados indican un incremento en la concentración de las gotitas de nube más pequeñas, lo que retarda el proceso de coalescencia y, en consecuencia, la producción de lluvia caliente puede suprimirse. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otras investigaciones basadas en observaciones de satélite en regiones tropicales.

ATM-08

EL PROYECTO DEL EXPERIMENTO DEL MONZÓN DE NORTEAMÉRICA

René Lobato S. y Miguel Cortez V.
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Servicio Meteorológico Nacional

Se presenta el plan de trabajo del proyecto científico referido como el Experimento del Monzón de Norte América (NAME por sus siglas en inglés), y que su campaña experimental será de 2003-2004 concentrándose fundamentalmente en el noroeste de México y Suroeste de Estados Unidos. Como una continuación de campañas previas, SWAMP-90, SWAMP-93, ENVER-93 se pretenden realizar mediciones atmosféricas, oceánicas y de superficie continental durante las temporadas de verano. Este proyecto no solo consiste en la parte observacional sino que también implica utilizar la información que se recopile para validar modelos tanto de circulación general como regionales, y por supuesto resolver las hipótesis que se plantean para realizar este proyecto. Por tal motivo está programado hasta el año 2008. La etapa de planeación (2000-2002), etapa de preparación (2001-2003), campaña y recolección de datos (2003-2004), etapa de investigación científica (2003-2007) y etapa de manejo de bases de datos (2002-2008).

El proyecto del Monzón de Norte América (NAME) es un esfuerzo de coordinación internacional cuyo principal objetivo científico consiste en determinar los límites de predecibilidad durante la temporada de lluvias (verano), en una escala temporal que va desde la estacional, interanual hasta decadal. Los objetivos principales del proyecto NAME consisten fundamentalmente en: a) Entender mejor las componentes clave del monzón de Norte América y su variabilidad; b) Entender mejor el rol de este sistema en el ciclo global del agua; c) Obtener datos observacionales de una mejor resolución espacial y temporal; d) Utilizar y desarrollar modelos globales y regionales de alta resolución que puedan integrar los procesos de capa límite como parámetros de forzamiento.

Para alcanzar estos objetivos se requiere de 1) Monitoreo de atmósfera, océano y superficie terrestre, pero sobre todo en la región principal del monzón; 2) Combinación de observaciones y modelos numéricos a través de un sistema de asimilación de datos; 3) Modelos acoplados de alta resolución con opciones de cambio en parámetros de forzamiento tanto en capa límite planetaria como sistemas atmosféricos (convección y física de nubes).

NAME utilizará éstas herramientas, fundamentalmente las mediciones especiales para que sea posible describir los procesos físicos del Monzón de Norte América. Estos estudios ayudarán a entender mejor este tipo de procesos e identificará las deficiencias a través de una red de observación y capacidades de los modelos. En particular los procesos de lluvia que conllevan a una serie de preguntas que se piensan resolver con la ayuda del proyecto NAME: Cómo es la evolución de la circulación atmosférica y régimen de precipitación en Norte América relacionada con las condiciones imperantes en la capa límite planetaria?,Cuál es la importancia de forzamientos remotos producto de las SST's en el Pacífico Tropical en la dinámica interanual atmosférica para Norte América y en particular para la región en estudio?, cuales son las fuentes u orígenes de la humedad precipitable y las interrelaciones que existe con las variaciones locales en las SST's topografía, humedad del suelo y cobertura vegetal?

Los beneficios que se esperan del proyecto NAME se reflejarán con la colaboración internacional en el empleo de información local y de nuevos sensores satelitales que monitorean parámetros hidrológicos de superficie y atmosféricos; mejoras en modelos climáticos de alta resolución que puedan simular el acoplamiento de los procesos atmosféricos con los de relación suelo-planta, así como también de circulaciones atmosféricas en la región continental con topografías irregulares y finalmente contar con una base de datos con las que sea posible validar las hipótesis planteadas.

El grupo científico que coordina el proyecto hace una invitación a toda la comunidad científica nacional e internacional a colaborar el dicho proyecto tanto en la campaña experimental como en la de investigación científica. Para mayor información consultar la siguiente página <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/monsoon/NAME.html>.

ATM-09

INTRASEASONAL VARIABILITY OF WET MONSOONS IN ARIZONA

Tereza Cavazos, Andrew C. Comrie and Diana Liverman
CICESE
Universidad de Arizona

The intraseasonal evolution of the monsoon in southeast Arizona is investigated using a neural network-based nonlinear classification technique known as the self-organizing map (SOM). The goal of the SOM algorithm is to discover meaningful low-dimensional structures hidden in the high-dimensional observations. Various daily lagged atmospheric fields (850-hPa meridional winds, 700-hPa specific humidity, 500-hPa geopotential heights, and 850-500-hPa thickness) for the summer season (Jun-Jul-Aug-Sep) of the 1980-1993 period are used in the nonlinear classification of monsoon modes. Special emphasis is given to the wettest monsoon modes.

Spectral analysis of daily summer rainfall for wet, dry and normal years in the study area reveals a significant peak in the 12-18-day band; a secondary and significant peak is also found near 40 days. Thus, monsoon bursts and breaks seem to be modulated by low frequency variability. The neural network classification successfully captures the multidimensional interaction of the atmospheric variables during the monsoon evolution, and organizes them into 15 climate states. The mature phase of the monsoon is linked to an intraseasonal (> 10 days) east-west three-cell anomalous mid-tropospheric height pattern over the Pacific-North American sector, suggesting a large-scale dynamical mechanism. This pattern is characterized by an enhanced and eastward-displaced monsoon ridge, large amounts of mid-tropospheric moisture over the study area, and an out of phase relationship between precipitation in the Southwest United States and precipitation in the Great Plains. In contrast, the second wettest intraseasonal monsoon mode does not show a monsoon ridge, but a north-south three-cell anomalous mid-tropospheric height pattern along the West coast of North America and weak height anomalies over the rest of North America.

This may allow the formation of a low-level jet over the Great Plains, which would explain the much weaker out of phase relationship found between precipitation in the Southwest and precipitation in the Great Plains. The two wettest monsoon modes

seem to be modulated by low-frequency tropical convection and ocean/atmosphere interactions in the Intra-Americas Sea region and, possibly, interactions from the North Pacific and the North Atlantic oceans.

ATM-10

EL EXPERIMENTO CLIMÁTICO EN LAS ALBERCAS DE AGUA CALIENTE DE LAS AMÉRICAS TROPICALES

Víctor O. Magaña, Joel B. Pérez, Ernesto Caetano y Artemio Gallegos
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Durante el verano boreal del 2001 se llevó a cabo el Experimento Climático en las Albercas de Agua Caliente de las Américas Tropicales con el objetivo de analizar los procesos de interacción océano atmósfera que modulan las lluvias de verano en México y Centroamérica. El experimento consistió en tres campañas en el Pacífico Mexicano y una en el Mar Caribe. En el Pacífico, se observaron las condiciones durante el inicio de la temporada de lluvias, así como durante el periodo de sequía intraseñal, y el final de la temporada de lluvias. En el Caribe, el periodo de interés fue cuando la corriente en chorro de niveles bajos alcanza un máximo. Las observaciones incluyen perfiles atmosféricos y oceánicos a bordo de los barcos El Puma y Justo Sierra de la UNAM, complementadas con la red de observaciones sinópticas de la región meteorológica IV.

Se presentan algunos resultados preliminares de las condiciones observadas durante los periodos de observación y los trabajos de análisis dinámicos a realizar a futuro.

ATM-11

ESTUDIO OBSERVACIONAL DE EL NIÑO OSCILACIÓN DEL SUR (ENOS)

Adriana Mireya Huerta Casas, Victor M. Mendoza y J. Adem
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

El fenómeno conocido como El Niño tiene un impacto directo en la sociedad, pues está asociado con desastres ecológicos y económicos que coinciden con sequías devastadoras sobre el Pacífico Oeste tropical, inundaciones sobre el Pacífico Este tropical y patrones inusuales de las condiciones ambientales en otras partes del planeta. Por ello, su estudio es de gran importancia para comprender las variaciones climáticas de corto, mediano y largo plazos.

El interés en la comprensión del fenómeno y una explicación física de cada una de las etapas es el objetivo principal de este trabajo. Esto se hace a través del análisis de las observaciones, y del estudio de perfiles de temperatura del océano y perfiles de anomalías de viento zonal en la atmósfera para el evento de 1997-1998. Se estudia este evento por ser el más documentado. Sin embargo, se hace referencia a otros eventos a través del estudio de series de tiempo. Otro objetivo del presente trabajo es tener clara la evolución física del fenómeno para incorporarlo al Modelo Termodinámico del Clima (MTC) de Adem (1962).

ATM-12

EVALUACIÓN DE LA SEQUÍA INTRAESTIVAL CON DATOS DE PRECIPITACIÓN DECENAL

José Antonio Agustín Pérez Sesma, Uriel Bando Murrieta y Domitilo Pereyra Díaz
Facultad de Instrumentación Electrónica, Universidad Veracruzana

El objetivo principal de este estudio, es conocer con mayor precisión la distribución temporal de la canícula o sequía intraestival, usando datos de precipitación decenal. Para valorar el polígono funicular, se hizo una generalización de las modalidades propuestas por Mosiño y García (1966), y de la fórmula propuesta por García (1988), dada por la expresión $P=2T+28$; donde: P = precipitación mensual acumulada en mm. y T =temperatura media mensual en °C. Considerando valores decenales de precipitación y temperatura, la expresión anterior se puede escribir como, $3P_d=2T_d+28$; siendo, $P=3P_d$ y $T=T_d$; donde: P_d =precipitación acumulada durante la decena en mm y T_d =temperatura media decenal en °C, de donde $P_d=(2T_d+28)/3$. Al hacer una comparación de las técnicas antes mencionadas, utilizando datos mensuales y decenales de tres localidades veracruzanas (Xalapa, Veracruz y Las Vigas de Ramírez), los resultados fueron los siguientes: para Xalapa, la sequía relativa mensual y decenal respectivamente fue de 11.7% y 24.2%; para Veracruz, la sequía relativa mensual y decenal fue de 0% y 5.2% respectivamente y para Las Vigas de Ramírez la sequía relativa mensual y decenal fue respectivamente de 7.8% y 20%. Como se puede observar en los resultados antes mencionados, los valores mensuales de la canícula muestran una diferencia con respecto a los valores decenales, que a juicio nuestro son más precisos. Lo anterior permitirá al agricultor programar su siembra, hasta periodos decenales en lugar de mensuales, en función de la disponibilidad de agua.

ATM-13

SOBRE EL INICIO DE LA TEMPORADA DE LLUVIAS DE VERANO EN EL SUR DE MÉXICO

Edgar M. Uribe y Víctor O. Magaña
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

El inicio de la temporada de lluvias de verano en México resulta de gran importancia para diversas actividades económicas. Utilizando el sur del país como punto de referencia se puede establecer que el inicio de las lluvias ocurre hacia finales de mayo o principios de junio. Sin embargo, existe gran variabilidad en el inicio de las lluvias, así como en su intensidad y duración.

El elemento dinámico más importante en las lluvias de la región lo constituye la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), cuya posición latitudinal determina en gran medida las características de las lluvias. Cuando la ZCIT permanece cerca del ecuador, las lluvias son deficitarias, mientras que cuando la ZCIT alcanza los 10 o 12 N las lluvias son normales o incluso más intensas de lo normal.

Para analizar de que depende la posición latitudinal de la ZCIT se analizan mecanismos dinámicos con los gradientes meridionales de la temperatura de la superficie del mar y los consecuentes gradientes de presión. Bajo ciertas consideraciones de inestabilidad

inercial se trata de establecer cuándo la ZCIT puede establecerse más al norte o al sur para así disponer de un esquema de pronóstico climático para el inicio de las lluvias en el sur de México.

ATM-14

CLASIFICACION DE LA PRECIPITACION ANUAL DE GUANAJUATO Y SU RELACION CON EL ENOS

G. Montesinos Silva y B. Mendoza Celedón

Cuerpo Académico de Producción y Desarrollo Agropecuario,
Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato

El manejo de datos históricos es una actividad básica en la climatología. En los casos como el del registro pluviométrico anual del Observatorio Meteorológico de Guanajuato, que abarca de 1864 a la fecha, se han utilizado diferentes técnicas, desde análisis estadísticos simples hasta técnicas más complejas como el análisis espectral, lo que ha permitido obtener importante información sobre el comportamiento de dicha variable climática y los principales factores que la modulan.

La precipitación en Guanajuato, Gto., se caracteriza por una notoria variabilidad interanual y, recurrencia de años secos, los que según trabajos previos, están relacionados con fenómenos climáticos globales como «El Niño/Oscilación Suriana» (ENOS).

Para el estudio de las sequías existen varios indicadores, entre ellos se encuentra el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI) desarrollado por McKee, et al., en 1993, este índice normalizado permite estudiar diferentes escalas de tiempo y se recomienda para registros de largo plazo. En el caso de Guanajuato, Gto., mediante el uso de dicho índice, los años del período 1864-2000 se clasificaron como: extremadamente húmedos, muy húmedos, moderadamente húmedos, normales, moderadamente secos, muy secos, y extremadamente secos.

Con la clasificación del tipo de año y, la presencia o ausencia de la fase caliente del evento ENOS, así como su intensidad, según lo reportado en 1987 por Quinn, et al., se elaboraron tablas de contingencia y se realizó la prueba de chi-cuadrada al 10% de significancia, cuyos resultados ($p > 0.1$) no rechazaron la hipótesis de independencia entre las variables, por lo que la categoría de un año observada en un caso en particular puede no tener relación con la presencia e intensidad del fenómeno ENOS.

ATM-15

SOBRE LAS LLUVIAS ANÓMALAS DE ABRIL 2001

Ismael Pérez García

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Sobre la mesa central de México generalmente las lluvias de verano se inicia en la segunda mitad de junio. Sin embargo durante este año 2001, para esta misma región el periodo de lluvias locales se inició a finales de abril y principios del mes de mayo. En este trabajo se estudia las posibles causas que originaron estas lluvias anómalas y se relaciona con el movimiento del patrón de ondas de gran escala.

ATM-16

ESCENARIOS REGIONALES DE CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS

Carlos Gay, Cecilia Conde y Jose Luis Perez
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Para crear escenarios regionales de cambio o variabilidad climáticos se emplean métodos estadísticos que permiten establecer relaciones entre las variaciones de variables de gran escala (por ejemplo temperaturas atmosféricas, temperaturas oceánicas) y variaciones regionales e incluso locales (de temperatura y precipitación, por ejem.). Las ecuaciones de regresión se emplean entonces utilizando las variables de gran escala producidas por los modelos de simulación climática (modelos de circulación general. GCM). En la actualidad y con el objetivo de estudiar los posibles impactos del Cambio Climático Global sobre diferentes actividades humanas se utilizan modelos como el MAGICC y SenGen que permiten simular el clima bajo diferentes suposiciones en cuanto al desarrollo económico y tecnológico del planeta y situarlo en el tiempo. Esto da flexibilidad en cuanto a cuestiones de planeación para enfrentarse al cambio.

En este trabajo se emplean las relaciones estadísticas encontradas en combinación con los escenarios producidos por el MAGICC SenGen para obtener los regionales. También se desarrolla un método para producir escenarios regionales o locales a partir de promedios zonales de variables de gran escala, que podrían ser utilizados con modelos de simulación climática de una o dos dimensiones (zonales).

ATM-17

INFLUENCE OF HYPOTHETICAL DEFORESTATION IN SIBERIA AND AMAZONKA ONTO THE WATER BALANCE AND RUNOFF IN AMERICA AND RUSSIA (RESULTS OF NUMERICAL EXPERIMENTS ON THE GENERAL ATMOSPHERE CIRCULATION MODEL OF THE HYDROMETEOROLOGICAL CENTRE OF RUSSIA)

Rubinstein K.G.¹ and Shmakina A.B.²

¹ Hydrometeorological Centre of Russia, Russia, Moscow
E-mail: rubin@mecom.ru

² Institute of Geography, Russian Academy of Sciences

An adequate description of the water balance in the atmosphere and on the land surface is rather important task of contemporary climate modeling. Due to nowadays level of computerization, it has become possible to carry out numerous experiments for the time periods of several decades. Several years ago, an advanced parameterization scheme of land hydrology has been included into the global climate model of Hydrometeorological Centre of Russia. The main hydrology processes on the land are described by empirical relationships, and the calculated water balance within river basins is compared with the observed discharge data from the largest basins.

The main feature of the new parameterization scheme, in contrast to many others, is the evaluation of runoff not as a residual between precipitation and evaporation, but as a separate process modeled before infiltration and evaporation, which corresponds to

the ratio between these processes' intensity in the nature. The processes included into the scheme are: interception of precipitation by vegetation, surface and subsurface runoff, infiltration into the soil, evapotranspiration, water diffusion between soil layers, lateral water transport by rivers (the latter is not included in most of climate models).

The values of precipitation and evaporation on the territory of Russia obtained in two numerical experiments are compared to each other. In the first ("control") experiment, the vegetation and soil parameters corresponded to their natural geographical distribution, while in the "perturbed" experiment the forests in Siberia were "replaced" by grassland, with corresponding soil properties modification.

It has been demonstrated that total precipitation in Siberia and Caspian Sea basin didn't change significantly, but their maximum near the Ural mountains has become more pronounced. Moreover, the relation between precipitation and evaporation in their seasonal variations were transformed.

Another parameter analyzed in the report is the runoff from large river basins in Siberia (Ob, Yenisey, Lena), and in Caspian Sea basin (Volga, Terek and others), and main basins of North and South America including its seasonal variations. In the control experiment, the seasonal variations of river discharge in the both regions has been reproduced satisfactorily, but the annual amplitude of the runoff in Caspian basin was somewhat overestimated. In the perturbed experiment, the annual amplitude of Lena river became lower, while the amplitude of runoff to Caspian Sea increased. Thus, after the hypothetical deforestation in Siberia, the annual variations of the runoff in that region decreases, while in the Caspian basin (in Volga most of all) its extrema become more pronounced.

The work has been supported by the Russian Foundation for Basic Research (grants 00-05-64806 and 01-05-64707).

ATM-18

EXPERIMENTO SOBRE EL IMPACTO DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN EL CLIMA REGIONAL

José Luis Pérez¹ y Víctor Magaña²

¹ Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

² Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

El sistema climático presenta una continua evolución en diversas escalas de tiempo y espacio, que va desde la escala planetaria hasta la microescala.

La búsqueda del entendimiento objetivo del clima ha llevado al desarrollo de los Modelos Dinámico de Circulación General y Regional, estos son usados como laboratorios donde se pretende comprobar hipótesis sobre algún proceso o interacción entre los componentes del sistema climático. Dentro del ámbito de la dinámica del clima se sabe que hay una variabilidad natural asociada tanto a factores externos como internos del sistema climático y otra inducida por la acción de la actividad humana. Parte de ello se refleja al modificar las características físicas de la superficie terrestre, al cambiar el tipo de uso que se le da al suelo, tal como se hace al contruir una ciudad o al sustituir áreas de bosques en tierra de labranza o ganadería. Puesto que al cambiar las

características físicas del suelo es modificado su albedo, es de esperar que los balances de energía entre la atmósfera y la superficie son modificados además del balance hídrico. Resultando en la modificación de procesos tales como la convección la filtración, la evaporación y la intensidad de los vientos al cambiar la rugosidad de la superficie. En conclusión, cambiarían la forma en que interaccionan la superficie y la atmósfera así como algunos procesos de retroalimentación entre las partes del sistema climático sobre la región afectada. Es usado el modelo de mesoescala MM5 para simular las condiciones medias de la atmósfera sobre la República Mexicana para junio de 2001 bajo condiciones actuales del suelo y otra cambiando el uso de tipo de suelo. Son evaluadas las diferencias de las simulaciones el posible impacto sobre las actividades humanas.

ATM-19

IMPACTO AGRÍCOLA DE LAS HELADAS SOBRE VERACRUZ DURANTE EL NIÑO/ LA NIÑA

Contreras Hernández Ana Delia, Morales Acoltzi Tomás y
Alvarez Gasca Oscar
Universidad Veracruzana

Se presenta un análisis del impacto del fenómeno de las heladas en la agricultura de temporal de Veracruz durante años de El Niño y La Niña. Adicionalmente se discute la participación de anomalías térmicas del Golfo de México sobre el periodo libre de heladas.

ATM-20

APLICACIÓN DEL PRONÓSTICO ESTACIONAL DEL MODELO TERMODINÁMICO DEL CLIMA A LA PLANIFICACIÓN AGRÍCOLA

Anayatzin S. Mendoza Castro, J. Adem y Víctor M. Mendoza
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

La producción agrícola es de gran importancia para cualquier país pues es el medio por el cual se abastece de alimentos a una población; por lo que es fundamental realizar una planificación agrícola que asegure niveles crecientes de producción.

La aplicación de modelos físicos-matemáticos, estadísticos o deterministas al pronóstico de las anomalías del clima (desviaciones con respecto al valor climático) a un mes o a una estación o tal vez un año ofrece una opción atractiva para la planificación agrícola.

De esta manera, se usa en este trabajo el Modelo Termodinámico del Clima (MTC) para realizar una planificación agrícola basada en un pronóstico estacional de la temperatura y la precipitación.

El pronóstico que se hizo para la primavera del 2000 con el (MTC) se usó para planificar la fecha de siembra, calculando con el pronóstico el inicio del Período de Crecimiento o el inicio de la Estación de lluvias.

Los resultados del pronóstico muestran que la fecha de siembra propuesta puede adelantarse 2 días, reduciendo el riesgo de una helada al final de período vegetativo del cultivo. Las observaciones muestran que efectivamente la fecha del inicio del Período de Crecimiento o inicio de la Estación de lluvias puede adelantarse pero por 4 días.

ATM-21

VULNERABILIDAD Y ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMATICO

Cecilia Conde y Carlos Gay
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Se describen los enfoques que se han utilizado para la determinación de la vulnerabilidad al cambio climático y se discuten diferentes planteamientos para el análisis de acciones de adaptación. Se describen también los impactos a corto y largo plazo y la adaptación autónoma o planeada. Asimismo, se plantea a la vulnerabilidad como la diferencia: Impactos menos Adaptación y se introduce el término Capacidad de Adaptación que depende de condiciones no solo físicas sino socio-económicas. Finalmente, se propone como estrategia de adaptación al cambio climático el estudio de la adaptación a los fenómenos climáticos como EL Niño y la Niña y de ahí una “extrapolación al cambio climático”. Se ilustra lo anterior a partir de experiencias recogidas con la participación de agricultores de Tlaxcala.

ATM-22

ESTUDIO SOBRE LA PREDICCIÓN Y MEJORA DE LOS IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS DE EL NIÑO / OSCILACIÓN DEL SUR EN LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

Víctor O. Magaña, Jorge L. Vázquez y Carlos Gay
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

En años recientes, se ha demostrado que diversas condiciones climáticas extremas están asociadas a la ocurrencia de El Niño, que es el incremento anómalo de la temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial del este frente a las costas de Perú. El Niño constituye la forma de variabilidad climática más importante después del ciclo anual, y junto con la Oscilación del Sur, en el sistema conocido como El Niño - Oscilación del Sur (ENOS), produce anomalías climáticas que afectan a la sociedad en diversos sectores socioeconómicos alrededor del mundo.

En Latinoamérica y el Caribe, los costos de El Niño 1997-98 han sido estimados en más de ocho mil millones de dólares, mientras que los costos sociales (v. gr. migración, corrección de daños) han ido aumentando con respecto a eventos anteriores. Así, las pérdidas materiales y humanas asociadas a ENOS han dado lugar a la búsqueda de estrategias para prevenir y disminuir los impactos negativos de dicho sistema.

Desde la segunda mitad del año 2000, la Organización Meteorológica Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo, con asistencia de otros organismos internacionales, realizan un estudio con el fin de establecer sistemas regionales de alerta temprana basados en los pronósticos de El Niño de los que se dispone hoy en día. Estos sistemas servirán para disminuir los impactos negativos de ENOS.

La factibilidad de establecer sistemas de alerta temprana ante la ocurrencia de ENOS se analiza desde las perspectivas técnica, económica, social, ambiental en institucional, involucrando a más de 25 países participantes en el estudio. Se analizan la vulnerabilidad socioeconómica, las relaciones costo-beneficio y se identifica el valor de la información adicional.

De este estudio se espera que los países que actualmente tienen capacidad para utilizar los pronósticos de El Niño en la predicción de anomalías climáticas en su región de interés, dispongan de mejores análisis y contribuyan al desarrollo de las instituciones y organizaciones menos desarrolladas, y por otra parte, que los países que aún no cuentan con la capacidad de producir pronósticos a largo plazo (estacionales o mayores) dispongan de predicciones climáticas basadas en ENOS. Se presentan algunos resultados preliminares.

ATM-23

PRONOSTICO NUMERICO DEL TIEMPO EN UNA REGION DE 80°N A 80°S

Francisco Javier Villicaña Cruz
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Para realizar el pronóstico se utiliza el modelo baroclínico de dos parámetros; el cual consiste de dos ecuaciones, una que gobierna la parte barotrópica del flujo y otra para el espesor, que para resolverlas se necesita el campo de la función corriente obtenidos a partir de los campos de altura geopotencial de dos niveles, por medio de la ecuación de balance lineal.

La malla consiste de 71x92 puntos reticulares separados por 411km aproximadamente; donde las derivadas parciales se evalúan en diferencias centradas y los términos advectivos o jacobianos se calculan con el método de Arakawa. La proyección es secante a 22.5°N y S denominada Mercator, formando un cinturón casi global.

Este trabajo se realiza buscando mejorar las condiciones de frontera y tener un mayor conocimiento del flujo en la zona ecuatorial.

ATM-24

LA INTERACCION DE DOS VORTICES

Marcial Orlando Delgado Delgado
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Se aplica el modelo baroclínico de dos parámetros, para pronosticar la trayectoria de un ciclón tropical que entra en interacción con un vórtice de mesoescala. El mecanismo de intracción binario ha sido descrito por Fujiwara a principios del siglo pasado y modificado recientemente por Holland en 1993.

En este trabajo se verifica este fenómeno utilizando el modelo numérico que concuerda aceptablemente con las observaciones.

Al considerar esta interacción binaria los resultados mejoran la trayectoria pronosticada del ciclón tropical, que en este caso se integró con los datos del Huracán Alma de junio de 1996.

ATM-25

LA TRAYECTORIA DE LOS HURACANES SOBRE UNA MALLA MERCATOR

Enrique Azpra Romero
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

En este trabajo se resuelve el modelo baroclínico de dos parámetros sobre una proyección Mercator tangente al ecuador con un tamaño de malla de 400 km, para evitar que las condiciones de

frontera sur impidan aplicarlo cuando ciclones tropicales que se han generado por abajo de los 15°N no sean adecuadamente pronosticados en su trayectoria. Se evalúa el año 2001 y se presentan los resultados de este modelo que se corre en tiempo real.

ATM-26

THE SPECTRAL PROBLEM IN THE NORMAL MODE STABILITY STUDY OF AN IDEAL FLOW ON A SPHERE

Yuri N. Skiba

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

A normal mode stability of a steady incompressible ideal flow on a rotating sphere is considered. It is shown that in the case of a zonal flow, all the eigenvalues from the essential spectrum of the operator correspond to neutral normal modes. An unstable mode, if it exists, corresponds to an isolated eigenvalue with finite multiplicity. As an example, the spectrum of a superrotation flow is examined. In this case, the essential spectrum of the operator consists of the single point, which coincides with the rotation velocity and is the only accumulation (and bounded) point for isolated eigenvalues with finite multiplicity. Each isolated eigenvalue is determined by the dispersion relation for the Rossby-Haurwitz waves, and the corresponding eigensubspace is the subspace of the homogeneous spherical polynomials. Thus all the normal modes are neutral and represent a full set of the Rossby-Haurwitz waves. The spectral problem for the flow being a linear combination of a superrotation and Legendre polynomial is also considered, and the role of the sphere rotation is discussed.

ATM-27

THE SPECTRAL PROBLEM IN THE LINEAR STABILITY STUDY OF A VISCOUS FLOW ON A SPHERE

Yuri N. Skiba

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

The barotropic instability of a nondivergent flow on a sphere caused by the existence of a sufficiently large horizontal shear of the flow and its role in the atmosphere dynamics have been studied for half a century (Kuo, 1949). Lorenz (1972) noted that this type of instability accounted for the existence of a limit in the atmospheric predictability. On the other hand, Simmons et al (1983) showed that barotropic instability can be responsible for a low frequency variability of the large-scale atmospheric dynamics. In spite of the fact that many works have been devoted lately to the linear instability of flows on a rotating sphere, there are a lot of important questions that remain to be answered. The application of numerical methods permits further insight into this problem, but the basic challenge here is the accuracy of the numerical stability results (Skiba, 1998).

In this work, a normal mode stability of a steady nondivergent viscous flow on a rotating sphere is considered. A real-order derivative and family of the Hilbert spaces of smooth functions on the unit sphere are introduced, and some embedding theorems are given. These results are used to show that the operator linearized about such a flow has a compact resolvent, and hence, a discrete spectrum with the only possible accumulation point at infinity, and

hence, the dimension of the unstable manifold of a steady flow is finite. The role of the turbulent diffusion in the numerical normal mode stability study is discussed.

ATM-28

ESTABILIDAD LINEAL DE ONDAS ROSSBY-HAURWITZ, WU-VERKLEY Y MODONES

Ismael Pérez García y Yuri Skiba

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Se prueba un algoritmo numérico de estabilidad barotrópica, desarrollado para estudiar la inestabilidad de flujos ideales arbitrarios sobre la esfera en rotación. Se prueba con una clase de soluciones exactas de la ecuación de vorticidad barotrópica, que son las ondas Rossby-Haurwitz, ondas Wu-Verkley y modones de Verkley. Los resultados de los experimentos numéricos de estabilidad se checan con algunas estimaciones teóricas desarrolladas hasta ahora. Se presentan los flujos básicos considerados y el patrón de perturbaciones de los modos más inestables.

ATM-29

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE SENSORES METEOROLÓGICOS

José Alfredo Mundo Molina

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

El uso operativo de estaciones hidroclimatológicas automáticas instaladas en lugares estratégicos del país con transmisión de datos vía satélite GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite), implica tomar medidas adicionales que aseguren su buen funcionamiento y confiabilidad, por lo que el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), en respuesta a la urgente necesidad de contar con estándares meteorológicos que verifiquen la calidad de las mediciones atmosféricas de superficie, ha puesto en operación el laboratorio de calibración para sensores de temperatura, humedad, presión barométrica y precipitación pluvial.

El objetivo de este laboratorio es el de proporcionar al país mediciones atmosféricas confiables referenciadas a sensores patrón, para aumentar la utilidad de los datos al poder diferenciar con mayor detalle entre variaciones puramente ambientales y variaciones debidas a instrumentos mal calibrados. La función del laboratorio es la de calibrar los sensores electrónicos de las estaciones hidroclimatológicas automáticas, o instrumentos similares, por lo menos una vez por año, así como el de evaluar los nuevos instrumentos propuestos por los fabricantes o distribuidores antes de que sean adquiridos y/o instalados en forma operativa en campo, a fin de verificar la calidad y confiabilidad de sus especificaciones y datos generados así como su sistema de transmisión de datos.

Cada uno de los sistemas de calibración presentan las siguientes características: Se basan en el software Labview Full Development System, el cual es un método innovador de programación gráfica que une objetos llamados instrumentos virtuales (VIs); están integrados por interfaces gráficas, a través de las cuales, el usuario-operador puede manejar, controlar y monitorear al proceso de calibración. El programa de operación presenta tres clases de subrutinas: diagnóstico de los componentes del sistema, pruebas para registro de datos y calibración de sensores; son completamente automatizados y controlados por una

computadora personal; el operador, de manera interactiva, introduce los parámetros de calibración y la secuencia de los puntos de calibración, arranca el proceso y durante éste, el operador solamente monitorea al proceso hasta que este finaliza. Son sistemas versátiles que aceptan una amplia variedad de sensores digitales para calibrar. El sistema de calibración de sensores de temperatura y el de humedad tienen la capacidad de calibrar hasta 12 sensores al mismo tiempo en un tiempo de 10 y 6 horas respectivamente; el de presión calibra 8 sensores en 5 horas y el de precipitación pluvial calibra un solo pluviómetro en 2 horas.

ATM-30

ANÁLISIS ESPECTRAL DE ALGUNOS PARAMETROS METEOROLOGICOS EN MANZANILLO, COLIMA.

Galicia Pérez Marco A. y Gaviño Rodríguez Juan H.
¹ Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas,
 Universidad de Colima
 E-mail: galicia@cgic.ucol.mx

Se presenta un análisis de los elementos climáticos de superficie como la temperatura del aire, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, de datos proporcionados por el Observatorio Meteorológico de la Comisión Nacional del Agua localizado en el Puerto de Manzanillo. Los datos corresponden a un período que comprende del 1 de enero de 1993 al 31 de diciembre del 1993. Los datos de la caseta meteorológica fueron tomados cada hora.

Primero se realizó un análisis estadístico básico, el cual comprendió en elaborar las gráficas mensuales de la variación temporal de cada uno de los parámetros y también se determinaron mediante análisis espectral los períodos característicos de las oscilaciones para cada uno de los parámetros meteorológicos mencionados.

Los resultados muestran que todos los parámetros presentan oscilaciones a frecuencias adicionales de 4.7, 6 y 8 horas. Los cambios de temperatura están íntimamente relacionados con la radiación; por otro lado, la cantidad de humedad contenida en el aire está en función de la temperatura.

Se espera que este análisis pueda ayudar a conocer mejor la variabilidad climática asociada a las fluctuaciones de las condiciones atmosféricas de la región de Manzanillo, así como, sea información representativa de las condiciones ambientales y que pueda servir de ayuda en modelos de simulación de corrientes marinas y procesos costeros.

ATM-31

CARACTERIZACIÓN DE TORMENTAS ELECTRICAS SOBRE EL GOLFO DE MÉXICO

Alvarez Oscar y Morales Tomás
 Universidad Veracruzana

Se presenta una caracterización de las tormentas eléctricas sobre la región del Golfo de México con el sistema LIS/TRMM, identificando las zonas de más alta actividad y frecuencia de descargas nube tierra e intranube. Finalmente se analiza la posible influencia de la SST en las variaciones de intensidad de las tormentas.

ATM-32

ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD DE POTENCIA DEL VIENTO EN MEXICALI, B.C.

R. Saldaña, O.R. Cueto, U. Miranda y M.A. Vilchis
 Instituto de Investigaciones Eléctricas
 Universidad Autónoma de Baja California

En este trabajo se describen los resultados de la evaluación del potencial energético del viento en la zona de Mexicali, B.C.

Esta evaluación se realizó utilizando la información anemométrica recabada en una estación meteorológica ubicada en el Museo Universitario de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Las coordenadas geográficas del sitio donde se ubica esta estación son: 115° 28' 13" longitud oeste y 32° 39' 46" latitud norte con una altitud de 4 metros sobre el nivel medio del mar.

La información anemométrica utilizada consistió en valores de velocidad promedio y rumbo asociado obtenidos cada 5 minutos durante el año 2000.

Los mapas de densidad de potencia en W/m² se estimaron mes a mes en una área de 17.959 x 22.3 km².

Para la modelación de la densidad de potencia y elaboración de mapas se empleó la topografía digital del INEGI en escala 1:250000 y la información medida de velocidad y dirección de viento.

ATM-33

ADAPTACIÓN DE UN ALGORITMO DE ESTIMACIÓN DE LLUVIA CON BASE EN IMÁGENES DE SATÉLITE PARA EL NOROESTE DE MÉXICO

Oropeza Rosales Fernando
 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Desde la aparición de los satélites en el mundo de la meteorología los esfuerzos se han encaminado a la obtención de información cualitativa a partir de los datos satelitales. En el presente trabajo se presenta la implementación de una técnica de estimación de lluvia que se basa en imágenes de satélite (Técnica Convectiva Estratiforme) así como su aplicación en imágenes infrarrojas del satélite GOES-8 centradas sobre la región noroeste de la República Mexicana. Se presentan los resultados obtenidos con dicha técnica para 33 días de la época de verano de 1998. Se presenta la comparación de las estimaciones obtenidas con los datos de satélite y los datos en superficie registrados por las estaciones climatológicas del SMN en acumulados de 24 horas. Se discuten algunos de los problemas que se deben enfrentar al comparar datos con escalas espaciales tan diferentes y se describen y aplican tres formas distintas de compararlos. Las comparaciones incluyen el concepto de mapas de lluvia o promedios espaciales, la comparación de los registros pluviométricos contra la estimación del pixel cuya ubicación incluye la del instrumento en superficie y la comparación de los registros pluviométricos contra el promedio de 9 pixeles centrados en aquel que contiene la ubicación geográfica del instrumento en superficie.

Se encontró que las estimaciones hechas con la técnica en el noroeste de México no son muy buenas, por lo que se aplicó un análisis de sensibilidad para determinar la relevancia de cada uno de los parámetros involucrados en el cálculo de la precipitación. El análisis arrojó la información de que la pendiente de la recta de ajuste en la relación entre temperatura de tope de nube y precipitación era uno de los más sensibles. Esta relación proviene de las salidas que arroja un modelo numérico unidimensional de desarrollo de nube; por lo anterior fue necesario repetir el experimento numérico inicializando un modelo con datos de radiosondeos operativos de la región. Se corrió el modelo con los datos diarios para los meses de junio, julio y agosto de todos los años reportados en la base de datos nacional (de 1965 a 1998). Con las salidas del modelo se obtuvo una nueva relación entre temperatura del tope de nube e intensidad de precipitación adaptada a la zona de estudio. Con esa nueva relación se volvió a aplicar la técnica a un subconjunto de los 33 días de estudio encontrando mejoras del orden del 130%. Se presentan recomendaciones para posibles mejoras futuras.

Adler, R.F. and A.J. Negri, 1988. A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall. *Journal of Applied Meteorology*, 27, 30-51.

Adler, R.F. and R.A. Mack, 1984: Thunderstorm cloud height-rainfall rate relations for use with satellite rainfall estimation techniques. *J. Clim. Appl. Meteor.*, 23 no. 2, 280-296

Alfonso, L., D. Martínez, C.A. Pérez, 1997. Numerical simulation of tropical convective clouds over Cuba using one-dimensional and time-dependent cloud model. *Atmospheric Research*, 47-48, 343-354.

ATM-34

ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN A PARTIR DE ACTIVIDAD ELÉCTRICA SOBRE VERACRUZ

Alvarez Gasca Oscar y Barrientos Santiago Angel
Universidad Veracruzana

Se presenta una metodología para estimar la intensidad de precipitación por tormentas a partir de la frecuencia e intensidad de relámpagos. El método es discutido partiendo de un estudio de caso. La combinación de observaciones por sistemas remotos se pondera como una alternativa de pronóstico meteorológico sobre Veracruz.

ATM-35

PARAMETRIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN Y SU VERIFICACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA CON EL MODELO TERMODINÁMICO DEL CLIMA

Berta Oda, Victor M. Mendoza y J. Adem
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Se verifica la predictabilidad de la temperatura superficial y la temperatura a 700 mb, con el Modelo Termodinámico del Clima (MTC), en la República Mexicana y puntos cercanos de los océanos a ambos lados de ella, en periodos: normal, de Niño y de Niña, con el objeto de evaluar cuál de dos parametrizaciones para la precipitación es la mejor para ser usada en el MTC. Usando estas temperaturas en los dos métodos, uno teórico y uno estadístico derivados previamente, se comparó la precipitación observada con la calculada en los periodos mencionados y en las dos formas.

ATM-36

EXPERIMENTO NUMÉRICO CON LA ASIMILACIÓN DE DATOS DEL EXPERIMENTO CLIMATICO EN LA ALBERCA DE AGUA CALIENTE (ECAC)

Raul V. Hernández, Ernesto Caetano y Víctor O. Magaña
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

La motivación principal para la elaboración de este trabajo consiste en dar a conocer los primeros análisis numéricos de las mediciones atmosféricas obtenidas en las campañas del «Experimento Climático en las Albergas de Agua Caliente». Dichas campañas se realizaron en océano del Pacífico ECAC-I (18 al 28 de mayo), ECAC-II (06 al 26 de julio) y en el Caribe ECAC-III (18 al 28 de mayo), ya que numerosos estudios han mostrado que la combinación de datos disponibles de modelos globales, datos registrados por estaciones de superficie y sondeos atmosféricos, para alimentar un modelo de mesoescala, pueden mejorar significativamente el análisis de éste. Un elemento clave es el sondeo, del cual se obtienen perfiles de humedad, vientos y mejores caracterizaciones de la estabilidad atmosférica.

La información meteorológica y oceanográfica obtenida durante ECAC representa un gran potencial para obtener diagnósticos más precisos de los procesos físicos del clima y para alimentar modelos de pronóstico.

Realizar mediciones sistemáticas en las albercas de agua caliente, tienen gran importancia, ya que son zonas donde únicamente se tienen estimaciones por satélite y por modelos numéricos. Así por ejemplo, el Pacífico del este, frente a México y Centro América carece de información meteorológica debido a que no existen regiones para mantener observadores, aun cuando lo que ocurre en esta región resulta de gran importancia para entender el tiempo y el clima de nuestro país. La realización de estas primeras campañas de mediciones pioneras en zonas no muestreadas anteriormente, tuvo como objetivo obtener información más detallada de la dinámica de la atmósfera en México.

ATM-37

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO MCCM PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AIRE EN LA REGIÓN CENTRAL DE LA REPÚBLICA MEXICANA

J. Agustín García R., Aron Jazcilevich Diamant y Luis Gerardo Ruiz Suarez
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

El modelo de calidad del aire Multiscale Climate Chemistry Model (MCCM) se implementó para la región centro de México. Éste incluye módulos de meteorología, fotólisis, emisiones biogénicas, radiación y deposición entre otros. El módulo meteorológico de MCCM se basa en la versión 5 del Modelo de mesoescala de Penn State/NCAR MM5. La fotoquímica esta basada en RADM y el transporte de contaminantes se basa en el método de Smolakiewicz.

Se construyó un inventario de emisiones a partir de información proveniente de diferentes instituciones.

Se presentaran resultados que muestran el comportamiento de la contaminación atmosférica en la región central de México, como son el transporte de contaminantes entre los valles de México, Puebla, Morelos y Toluca.

ATM-38

THE NEW PRINCIPLES OF SYSTEM OF METEOROLOGICAL DATA SUPPLYING FOR REGIONAL POLLUTION TRANSFER MODELING

K.G. Rubinstein and D.B. Kiktev
Hydrometcentre of Russia, Russia, Moscow
E-mail: rubin@mecom.ru

In 1994 the Russian Hydrometeorological Center (Moscow) developed a first version of the specialized Atmospheric Lower-Layer Diagnostic System (SDA) supplying meteorological data for pollution transfer modeling. Previous version of SDA obtains the fields of dynamic characteristics (pressure, wind velocity, and temperature at 1000, 925, 850, and 700 hPa) as well as precipitation and cloudiness on the grid by 150-km step every 6 hours in operational mode. Dynamical block of the SDA is based on quasi-three-dimensional objective analysis, which takes into account all available data of the WWW system. As a first guess the SDA uses the hydrodynamic spectral forecast model fields for 6, 12, 18, and 24 hours. This model provides high vertical resolution of the lower planetary boundary (four levels up to 1.5 km) and T40 in the horizontal direction.

The realized system of data preparation is performed as follows.

1 stage: North Hemisphere data obtaining.

On the basis of analyses of meteorological parameters (geopotential, temperature, horizontal components of wind and moisture fields), weekly data on ocean surface temperature, sea ice distribution and results of hydrodynamical model of Hydrometeorological Centre of Russia (T40L15) running, taking into consideration a diurnal course of solar radiation, a system of meteorological information supplying for the northern hemisphere with time interval of 6 hours and spatial resolution of 2.5° or 2.5 degrees.

2 stage Regional data obtaining.

At the underlying surface or near it, the modification from the average value of large-scale to the values for the small scale is carried out on the basis of specially developed procedures of downscaling for every quantity (temperature, moisture, wind and others) and with the use of specially prepared parameters of regional underlying surface features (orography, roughness, soils and plants types, albedo and so on).

Using the procedure of three-dimensional variational adjustment, the wind is associated to more detailed orography. The procedure is based on minimization of squares of modified field departures from a given one on condition that the initial divergence field persists.

Using the model of boundary layer, fields of main meteorological quantities within the boundary layer are restored.

Vertical velocities are calculated at grid points of regional grid.

In the free atmosphere (above the level of planetary boundary layer) a smooth interpolation of scalar parameter from the large-scale grid and their conversion into a corresponding projection is performed.

3 Stage: Correction of results by observational data.

Series of obtained parameters are explicitly model ones – it means, that observational data are not used, when obtaining these parameters. Such data are, e.g., precipitation, and thickness of snow cover, soil moisture, cloudiness and so on.

Now work is underway to use the synoptically measurement data for the procedure of correction for atmospheric precipitation over continent by using the synoptically measurement data.

Results:

The New SDA – (SDA-99) helps to receive a reliable results for 1990, 1996 and 1999 years, if consider only meteorological data and together with models of transboundary pollution transport, especially in region scale. Details will be shown in report.

ATM-39

FUNCIONES DE INFLUENCIA PARA VARIAS ZONAS DE LA CIUDAD DE GUADALAJARA

Valentina Davydova-Belitskaya¹ y Yuri N. Skiba²
¹ Depto. de Ciencias Ambientales, CUCBA, Universidad de Guadalajara

² Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

El problema de transporte de contaminación y su adjunto se consideran en un área limitada de la atmósfera cuando existe flujo de contaminación a través de las fronteras horizontales abiertas. En el modelo presente se usan las condiciones especiales en la frontera abierta y la ecuación adjunta. A causa de las condiciones especiales de frontera, ambos problemas principal y adjunto están bien formulados matemáticamente (según Hadamard), es decir que cada solución del problema directo o adjunto existe, es única y estable a errores en el forzamiento y condición inicial. Además, dichas condiciones están también bien formuladas desde el punto de vista de la física.

El método de estimación del impacto de emisiones industriales se planteó y se aplicó para la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). Este método se basa en soluciones del modelo de transporte y difusión de contaminantes y su adjunto, realizados para la ZMG. En los experimentos numéricos descritos en este trabajo se consideraron dos tipos de viento climatológico (temporada húmeda y seca). Para cada tipo de viento se calcularon y se aplicaron los coeficientes de difusión turbulenta, m . Además fueron estimados los parámetros de degradación de la concentración de la contaminación por procesos de deposición seca y por precipitación que se usan en los experimentos numéricos.

Los experimentos fueron realizados con el fin de estudiar el papel de la solución adjunta en determinar la contribución de cada fuente sobre el nivel de contaminación en las zonas ecológicamente sensitivas elegidas; mostrar el papel del viento y la posición mutua de las emisoras de contaminación y de las zonas. Para la realización de los experimentos numéricos se desarrollaron dos programas computacionales en FORTRAN para el modelo numérico directo y su adjunto.

Como resultados mas importantes obtenidos en este trabajo fueron cálculo de las funciones de influencia de varias fábricas preseleccionadas para cuatro de las zonas protegidas más importantes del territorio urbano de Guadalajara: Parque «Los Colomos», Centro Histórico, Tlaquepaque y Zoológico y estimación de los niveles de contaminación en Guadalajara.

ATM-40

LA TEORIA DISTRIBUCION DE LOS AEROSOLES APLICADA A LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN EL VALLE DE MEXICO

Alfonso Salas Cruz

Sección de Climatología Física y Dinámica, Centro de Ciencias
de la Atmósfera, UNAM

Se presenta el marco teórico de la ciencia de los aerosoles para aplicarlo al estudio de la química atmosférica del Valle de México. Se hace énfasis en el papel dominante de la distribución de los tamaños de las partículas sobre la conducta de los aerosoles atmosféricos sobre todo las propiedades mecánicas y ópticas. Al final, se discuten los resultados obtenidos de aplicar la formulación planteada a las mediciones de las partículas suspendidas PM10 en el área de estudio.

ATM-41

COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM10 Y DE ALGUNOS PARÁMETROS METEOROLÓGICOS EN LA PARTE SUROESTE DEL VALLE DE MÉXICO. INFLUENCIA DE “EL NIÑO”

José Luis Bravo¹, Omar Amador², Rafael Villalobos², Agustín
Muhlía¹ y Sandra Gómez²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

La Ciudad de México se encuentra contaminada por la emisión de múltiples compuestos resultado de la emisión vehículos e industrias así como también, en algunas ocasiones, de la quema de materia orgánica e incendios forestales. Este último fue el caso durante el año de 1998 en el cual debido a la sequía ocasionada por el fenómeno «El Niño» se presentó un area inusual de incendios forestales. En este trabajo se reporta el comportamiento de la concentración de PM10 (partículas con diámetro igual o inferior a 10 mm) durante los años 1998 a 2001 en la parte suroeste del Valle de México y la influencia que tienen algunos parámetros meteorológicos tales como la temperatura, humedad relativa y velocidad y dirección del viento sobre la concentración de partículas mencionadas. Para el estudio del efecto de los parámetros meteorológicos se propone un modelo lineal que se ajusta a los años 1999 y 2000 en los cuales el comportamiento de la atmósfera no esta asociado al fenómeno «El Niño». El modelo explica el 51% de la varianza de la concentración media en 24 horas de PM10. Para comprobar la efectividad del modelo se hicieron pronósticos para 2 meses de 2000 y enero de 2001, estos meses no intervinieron en el ajuste del modelo, los resultados se compararon con las observaciones obtenidas para los días correspondientes, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.60% entre las concentraciones de PM10 de los valores calculados y los observados. Con base en la bondad de este pronóstico se hizo una extrapolación para los valores correspondientes al año de 1998 y se comparo con los valores

observados encontrándose un incremento promedio en la concentración de PM10 observada de 88%, que corresponden a un incremento de 65 mg/m³, que es atribuible al fenómeno “El Niño”. Se reportan además valores medios mensuales para el periodo de observaciones y se observa tendencia a la disminución de la concentración durante el tiempo de muestreo.

ATM-42

LA COMPRESION DE LA CALIDAD DEL AIRE Y LA SALUD EN LA CUENCA BINACIONAL ATMOSFERICA DE LOS VALLES DE IMPERIAL Y MEXICALI: UN ENFOQUE COMUNITARIO

Margarito Quintero Núñez y Kimberley Collins

Instituto de Ingenieria, UABC

California Center for Border and Regional Economic Studies,
SDSU, IVC

Los valles Imperial, en California, EEUU y Mexicali, en Baja California, México, comparten la misma cuenca atmosférica de ahí la importancia de estudiar el fenómeno de la contaminación del aire de manera compartida, en relación a gases y material particulado. Para ese fin se tienen instalados un conjunto de estaciones de monitoreo ambiental en ambas valles para hacer un seguimiento a la calidad del aire en esa región. Los aspectos mas importantes en relación a la calidad del aire en esa zona es que son áreas de no cumplimiento de las normas mexicana y americana para PM10 y que tienen altos niveles de monóxido de carbono y ozono. Los contribuyentes mas importantes a la contaminación del aire son: los autos viejos tanto del lado americano como del mexicano, que en este último caso son carros de segunda importados de los Estados Unidos que no cumplen con los estándares de mantenimiento de ambos países, las emisiones de los tractocamiones diesel, la expansión industrial, los caminos y calles no pavimentados y las condiciones agrícolas y desérticas de la zona. El propósito del proyecto fue proveer de información precisa a la comunidad de los valles Imperial y Mexicali sobre la calidad del aire en la región en base a investigaciones propias y la generada por otros investigadores y sus efectos relacionados con la salud a través de foros comunitarios en ambos lados de la frontera, la distribución de un panfleto informativo, programas de radio y television y los mas importante, la creación de un grupo binacional de ciudadanos locales que mantengan el interés en conservar la calidad del aire de esta cuenca atmosférica para beneficio de los habitantes de esta zona fronteriza.

ATM-43

MODELO PARA PREDECIR LAS AFECCIONES EN LAS VÍAS RESPIRATORIAS DE LA POBLACIÓN DEBIDO A EXCESOS EN LOS NIVELES DE PM10 EN MEXICALI

Gustavo López Badilla, Marco Antonio Reyna Carranza, Luis
Vildosola Reyes y J. Ernesto Alvarez Cano

Instituto de Ingenieria, UABC

La exposición a los contaminantes del aire puede ocasionar enfermedades respiratorias y puede ser un inicio de problemas cardiovasculares. Aún cuando en los últimos años se han planteado normas para reducir la contaminación atmosférica, se siguen presentando numerosos casos de morbilidad y mortalidad de enfermedades de las vías respiratorias. Se dice que los excesos en

los niveles de PM10 se asocian con el aumento de casos de Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs). En la región fronteriza entre México y Estados Unidos, se elabora el programa Frontera XXI, que consiste en monitorear los principales contaminantes del aire (O_3 , CO, SO_2 , NOx, PST (Partículas Suspendidas Totales) PM10 y Plomo), para conocer el comportamiento de dichos contaminantes y saber si tienen algún efecto en la salud. En la última década en la ciudad de Mexicali, los niveles de PM10 han sobrepasado, de acuerdo a un estudio elaborado por la Semarnap (México) y la EPA (E.U.), pero no se ha realizado un análisis en donde se asocie dicho contaminante con la salud. En base a esto el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), en coordinación con ISESALUD en la ciudad de Mexicali, elaboran un estudio del efecto que puede tener el PM10 en las enfermedades de las vías respiratorias. Este estudio representa una evaluación por medio de un sistema de modelación, que muestra la correlación del aumento en los casos de IRAs con los incrementos del PM10, considerando las variables meteorológicas que son una característica importante en los procesos de dispersión de los contaminantes. Otras características de la concentración de PM10 son el tipo de suelo y el área de la ciudad considerada como un valle. En el análisis se muestra que la temperatura es la variable meteorológica que influye con más intensidad que la humedad relativa en la dispersión del PM10 y en la propagación de IRAs.

Palabras claves: PM10, Morbilidad, Mortalidad, Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs), Modelación.

ATM-44

MÉTODO ADJUNTO EN LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES VEHICULARES

Yuri N. Skiba¹, y Valentina Davydova Belitskaya²

¹ Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

² Instituto de Astronomía y Meteorología, Universidad de Guadalajara

Se formula un modelo simple bidimensional de transporte de monóxido de carbono (CO) y de su adjunto en una área urbana. Se consideran fuentes lineales de contaminación (vehiculares) localizados por las avenidas principales de la zona. Se usan soluciones de ambos modelos para estimar el impacto de emisiones vehiculares. Se demuestra que cada modelo (el directo y el adjunto) es bien formulado, es decir, su solución existe, es única y depende continuamente de variaciones en la condición inicial y en el forzamiento. Se derivan dos estimaciones equivalentes (la directa y la adjunta) de valores medios de CO en unas zonas de importancia ecológica. Se examina la sensibilidad de dichas estimaciones con respecto a (1) tasas de emisión en varias partes de las avenidas principales, (2) distribución inicial de CO, (3) dos parámetros disipativos, y (4) variaciones pequeñas en viento. Se construyen funciones de influencia para cada zona ecológica. La teoría se aplica a la Zona Metropolitana de la Ciudad de Guadalajara.

ATM-45 CARTEL

VARIACION DE LA CUBIERTA GLOBAL DE NUBES INDUCIDA POR RAYOS

Juan Ramírez
Instituto de Geofísica, UNAM

Hemos usado el modelo termodinámico del clima para cuantificar el efecto que tiene un incremento en la fracción de la cubierta global de nubes (para el período 1984-1990) sobre la temperatura superficial de la Tierra en el hemisferio norte. Asumimos que el incremento en la cubierta nubosa es proporcional a la variación del flujo de rayos cósmicos medida en Tierra durante el mismo período. Los resultados obtenidos indican que el efecto en la temperatura sí es significativo para el caso en que consideramos sólo la temperatura en continente, ya que existen regiones continentales en las cuales se observan anomalías negativas en la temperatura ($0.1^{\circ}C$).

Reunión Anual 2001

Sesión

Estratigrafía y Sedimentología

Martes 6

SALA D

UPPER JURASSIC AND LOWER CRETACEOUS SEDIMENTARY AND VOLCANIC STRATA OF THE BISBEE BASIN IN NORTHERN SONORA

Carlos M. González León¹, Timothy F. Lawton² and Alexander
Iriondo³

¹ ERNO, Instituto de Geología, UNAM

² Department of Geological Sciences, New Mexico State
University

³ Department of Geological Sciences, University of Colorado at
Boulder

The Bisbee basin of northern Sonora, southern Arizona and New Mexico is part of a series of grabens and horsts that started to form in northern Mexico during Late Jurassic time (McMillan *et al.*, 2001). Preliminary data from the Tuape region, north-central Sonora, indicate that the Late Jurassic (Oxfordian-Kimmeridgian) Cucurpe Formation (500 m incomplete thickness) corresponds to the upper part of a deformed volcano-sedimentary succession that probably represents a rift-filling deposit that accumulated during early stages of formation of the Bisbee basin. The lower part of this volcano-sedimentary succession is formed of tightly folded and cleaved turbidites and tuffs that resemble a deposit related to a volcanic arc. In the area of Rancho La Colgada (Tuape-Cucurpe, Sonora), the Cucurpe Formation consists of alternated shale, fine-grained sandstone, tuffs, and mafic volcanic flows. Its lithology and associated fossils (ammonites and belemnites among others) indicate it was probably deposited in a deep-marine setting where mafic volcanism occurred. The origin and age of the tectonic deformation affecting these rocks is still unclear to explain, but apparently is not present in the Lower Cretaceous rocks of the Bisbee Group that unconformably overlie the Jurassic strata. The Bisbee Group in this area is a 2.8 km-thick succession that includes the Rancho La Colgada formation (new unit), the Morita, Mural Limestone and Cintura Formations. Tectonic structures affecting these rocks are open folds that markedly contrast with the strong deformation of the underlying Jurassic rocks. The Rancho La Colgada formation (about 150 m thick) is composed of fine, to coarse-grained, and locally conglomeratic sandstone, siltstone, and sandy limestone beds with poorly preserved bivalves. It is of marine origin in its lower part and toward its upper part transitionally grades into the Morita Formation. We correlate this unit with the Neocomian-lower Aptian Cerro de Oro Formation. The Morita and Cintura Formations are lithologically similar to these same formations as they occur in other areas of Sonora (Arizpe, Cerro de Oro, Sierra El Chanate), where they are composed of meters-thick, cyclic fluvial sequences, of pebble-conglomerate, sandstone, and siltstone. The Morita in the study area presents in its lowermost part thin intervals of tuffaceous mudstone and siltstone from where a sample was analyzed to date for zircons by the U/Pb method. Four of the zircon grains show ages between 209 and 259 Ma and they probably were derived from the continental magmatic arc that developed during Triassic and Middle Jurassic time in southwestern USA and northern Mexico; five grains yielded ages between 847 and 993 Ma whose provenance is difficult to explain at this time, and 4 other grains yielded ages between 1057 y 1828 Ma that could indicate provenance form the crystalline basement of the Caborca and/or North America terranes. The Mural Limestone, stratigraphically placed between the Morita and Cintura formations, is a marine succession of fossiliferous limestone, shale and sandstone with ammonites, bivalves and benthic foraminifera that indicate an early Aptian-lower Albian age.

SUBDICHOTOMOCERAS, UNA AMONITA DEL KIMMERIDGIANO, EN LA REGIÓN DE ARIVECHI, SONORA, MÉXICO

Emilio Almazán Vázquez
Depto. de Geología, Universidad de Sonora

Con el fin de difundir la presencia de rocas del Jurásico Tardío, específicamente del Kimmeridgiano, expuestas al oriente del poblado de Arivechi, en la zona media oriental del Estado de Sonora, se propone utilizar el nombre de Formación Las Conchas para designar a una secuencia samítica de 800 m de espesor y coronada por 150 m de una brecha sedimentaria.

La secuencia estratigráfica se caracteriza por contener una abundante y regularmente repartida fauna fósil de belemnites, pobremente preservados y asociados a excepcionales ejemplares de amonitas del género Subdichotomoceras, lo que permite datar a la secuencia de manera confiable y precisa.

La actitud estructural de la Formación Las Conchas es un sinclinal doblemente buzante, orientado NE 15° SO y cuya longitud es de unos 3 km.

La complejidad de pliegues, de escala métrica, la intensa diastratificación de la secuencia y sus dimensiones de extensión local, permiten establecer la naturaleza geológica alóctona de la Formación Las Conchas.

La napa tectónica de la Formación Las Conchas y su asociación a otros cuerpos alóctonos de edad Precámbrica, Misiissippica y Cretácico Temprano, es indicativo que la zona ubicada al oriente de Arivechi es un centro de colisión en donde se concentraron estos cuerpos en su desplazamiento en dirección oriental, fenómeno geológico que ocurrió posterior al Albiano.

TIPOS DE DEPOSITOS EN LA PARTE CENTRAL DEL MARGEN OCCIDENTAL DE LA PLATAFORMA CRETÁCICA VALLES-SAN LUIS POTOSÍ

López Doncel R. y Tapia Uresti I.
Instituto de Geología, UASLP

El margen occidental de la Plataforma Valles-San Luis Potosí (PVSLP) en su parte central contiene una serie de depósitos sedimentarios, los cuales nos permiten caracterizar el desarrollo y morfología del talud que se encontraba entre las zonas de aguas someras de la PVSLP y las zonas de aguas profundas de la Cuenca Mesozoica del Centro de México (CMCM).

Tres perfiles litoestratigráfico-faciales fueron medidos en los sedimentos de la Formación Tamabra en el talud de la parte occidental de la PVSLP (LÓPEZ-DONCEL, 2000) los cuales abarcan un rango estratigráfico del Albiano al Turoniano, es decir los equivalentes de talud de las Formaciones El Abra y Soyatal de la PVSLP. Los perfiles levantados se localizan de Sur a Norte en: 1) Límite Norte de la Sierra del Coro (Perfil Rincón de Leijas); 2) Sierra del Meco (Perfil el Meco) y 3) Límite Sur de la Sierra La Paloma (Perfil La Paloma).

Tres tipos de depósitos dominan en las áreas estudiadas, que son los siguientes:

- Depósitos de Flujo de detritos (debris flows)
- Depósitos de Turbiditas
- Depósitos de Pliegues sinsedimentarios (slumps)

Los depósitos tipo debris flows muestran una clara variación en importancia entre la zona Sur y la zona Norte. En el Sur dentro del perfil Rincón de Leijas afloran paquetes masivos de brechas calcáreas con un espesor que varía de decímetros hasta varios metros (5-10) de floatstones y rudstones, compuestos primordialmente por extra e intraclastos de varios tamaños cuyos rangos varían de centímetros a algunos decímetros así como una gran cantidad de bioclastos de fauna arrecifal. Los componentes se encuentran flotando en una matriz micrítica a doloesparítica, en un arreglo caótico, aunque en la base de algunas brechas se reconoce una imbricación.

En los perfiles mas al Norte (perfiles El Meco y La Paloma) estas brechas solo juegan un papel secundario y aunque su frecuencia aumenta, el espesor de éstas nunca sobrepasa los dos metros. En general la composición de los componentes no varía con la de las brechas del Sur, diferenciándose únicamente por el tamaño de los clastos, el cual es marcadamente menor.

Depósitos de Turbiditas calcáreas están presentes en los tres perfiles aunque se reconoce un aumento en el espesor y frecuencia de sus secuencias hacia el Norte. Los depósitos turbidíticos están representados por paquetes rítmicos de grainstones a wackestones bien gradados y los cuales pueden contener una zonación del ciclo BOUMA bien desarrollada (zonas A, B, C, D y E), aunque las zonas de la fracción arenítica a laminar dominan (A, B y C). La presencia de secuencias turbidíticas casi inmediatamente después del emplazamiento de sedimentos tipo debris flows sugieren una relación directa entre ambos depósitos. Una gradación inversa, que es característica para las turbiditas calcáreas, no pudo ser reconocida.

Depósitos de pliegues sinsedimentarios (slumps) están restringidos casi exclusivamente a las porciones superiores de los perfiles medidos. La ocurrencia de los depósitos tipo slump coincide marcadamente con un cambio composicional del sedimento, ya que en las partes superiores de las secuencias medidas el sedimento se vuelve mas arcilloso, causando con esto una intercalación de calizas margosas a margas bien laminadas y en parte gradadas. El tamaño de los pliegues varía de algunos centímetros hasta ocasionalmente algunos metros variando estos de inclinados a isoclinales hasta divergentes.

El dominio de depósitos tipo debris flows en la parte sur de las áreas estudiadas (perfil Rincón de Leijas) sugieren, de acuerdo a los índices relativos de acumulación del margen de la PVSLP una pendiente del talud mas pronunciada que en las áreas del Norte (perfiles El Meco y La Paloma). La presencia de depósitos turbidíticos y de pliegues sinsedimentarios hacia las partes superiores de las secuencias medidas indican así mismo un suavizamiento en la pendiente del talud hacia el Cretácico Superior, lo cual coincide claramente con el desarrollo regresivo de la PVSLP para ese tiempo.

ES-04

DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE SECUENCIAS CONGLOMERÁTICAS DEL CRETÁCICO TARDÍO Y SU IMPLICACIÓN EN LOS REGÍMENES TECTÓNICOS DEL NOROESTE DE MÉXICO

Juan Carlos García y Barragán¹, José Luis Rodríguez Castañeda¹ y Thomas H. Anderson²

¹ ERNO, Instituto de Geología, UNAM

² Department of Geology and Planetary Science, University of Pittsburgh

El estudio sedimentológico y estructural de secuencias conglomeráticas del Cretácico Tardío, así como el análisis de su distribución en varias localidades en el noroeste y norte de Sonora, permiten establecer preliminarmente una comparación de los diferentes eventos tectónicos que las originaron. En la región de Altar, en el noroeste de Sonora, se encuentra una secuencia conglomerática de alrededor de 300 m de espesor. Este conglomerado incluye horizontes delgados de arenisca y limolita. Sus características sedimentológicas son uniformes tanto lateral como verticalmente: son conglomerados compuestos de gravas y cantos redondeados, soportados por una matriz arenosa de composición volcánica, normalmente graduados, con estratificación cruzada y contactos abruptos con las unidades sub- y suprayacentes. La composición de los clastos es polimíctica, predominando los de cuarcita, caliza y pórfido andesítico, entre otros.

Esta secuencia conglomerática se asocia a procesos aluviales y fluviales de corto transporte durante el Cretácico Tardío. Unidades similares se encuentran hacia el noroeste, en las Sierras El Chanate-El Batamote y Puerto El Alamo, distantes 20 y 30 km respectivamente. Su sedimentología, distribución y relación estructural sugieren un régimen tectónico de etapas sucesivas de compresión-extensión en dirección NE-SW.

En las Sierras Planchas de Plata, al suroeste de Nogales, Sonora, y El Pajarito, al oeste de Nogales, Arizona, otros autores han reportado brechas y conglomerados púrpura rojizos, en estratos muy gruesos a masivos, con clastos de caliza y pórfido andesítico. Su espesor se ha estimado en un poco más de 300 m. Aunque no han sido el objeto de estudios más detallados, se supone que son correlacionables con otras unidades del Cretácico Superior que afloran en el sur de Arizona.

Al sur de Cananea, en la parte norte-central de Sonora, se encuentra una secuencia conglomerática-arenosa de aproximadamente 9 km de espesor llamada Form. El Tuli. Sus rasgos sedimentológicos son muy diferentes al de los conglomerados en Altar: son conglomerados de cantos hasta bloques, megabloques y monolitos, soportados tanto por matriz como por clastos, con graduación inversa y normal, estratificación cruzada regular a abundante; tienden a ser masivos con contactos abruptos o graduales tanto dentro de la misma unidad como con las unidades sub- y suprayacentes. Se interpreta que se generaron en eventos intermitentes de flujos de detritos a lo largo y ancho de taludes de un sistema montañoso importante (Alto Cananea) y que también se depositaron como olistolitos en una cuenca sucesora del Mar de Bisbee en su porción sudoccidental (Cuenca de San Antonio).

La Form. el Tuli tiene una orientación general N35W con echados hacia el SW entre 20 y 40 grados. No existe evidencia de deformación asociada a la Orogenia Laramide en esta región; en cambio un evento extensional causó basculamiento caracterizado por fallas lítricas y normales de dimensiones kilométricas. Por lo tanto, la deformación durante el Cretácico Tardío en el norte de Sonora está relacionada primero, con tectónica vertical importante que genera a la Form. El Tuli, y segundo, con una relajación de esfuerzos que causa fallamiento lítrico acompañado de actividad magmática discreta, manifestada como intrusivos y rocas volcánicas de composición intermedia. Este cuadro tectónico contrasta con el que se presenta en el noroeste de Sonora, donde parece existir una influencia más marcada de una deformación importante del Terciario en una zona correspondiente al antearco del Arco Magmático Jurásico-Cretácico.

Las secuencias sedimentarias compuestas de conglomerados y areniscas en el noroeste de México parecen ser sensibles a los eventos tectónicos que ocurrieron al final del Mesozoico. Se prevé que futuros estudios sedimentológicos y estructurales a detalle en esta parte del país, podrán aportar datos relevantes para delimitar geográficamente las áreas de influencia de eventos tectónicos en regiones adyacentes.

ES-05

ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO-ESTRATIGRÁFICO DE LOS SEDIMENTOS CENOZOICOS EN LA COSTA DE HERMOSILLO, SONORA CENTRAL, MÉXICO

Montijo Gonzalez Alejandra, Grujalva Noriega Francisco
Javier, Rodriguez Torres Rafael y Minjarez Sosa José Ismael
Depto. de Geología, Universidad de Sonora

El objetivo principal de este trabajo es integrar la geología superficial y del subsuelo, con la interpretación del sistema de depósito de los sedimentos del área de la Costa de Hermosillo, la cual se enmarca dentro de la influencia del Río Sonora.

Con el análisis topográfico y de imágenes de satélite, es posible interpretar una serie de elementos geomorfológicos que definen claramente un complejo deltaico para la desembocadura del Río Sonora en el Golfo de California. A partir de éste se puede observar que el delta está limitado al sur por la extensión del lineamiento del Río Sonora y una zona montañosa dominada por rocas ígneas terciarias; al norte corresponde una zona compleja de interacción de fallas en dirección NE y E-W. Son notables la gran cantidad de estructuras circulares que al menos dos de éstas están limitadas por por la extensión del Río Sonora. Por otro lado se observan un conjunto de lineamientos NW casi paralelos a la línea de costa y a la Falla Libertad. Así mismo se define la planicie deltaica superior, determinada por un sistema fluvial que muestra claramente la migración de su canal principal con el desarrollo de dos paleocauces y el canal fluvial actual. Además, una planicie deltaica inferior está claramente determinada por la interacción de los procesos fluviales y marinos; dentro de este elemento se tiene una zona de inundación caracterizada por presentar la sedimentación más fina del sistema, la presencia de esteros asociados a los cauces del río y una serie de lagunas y barras de arena a lo largo del litoral.

Una gran variación litológica lateralmente en los sedimentos no permite desarrollar el tratamiento litoestratigráfico tradicional, por lo que, a partir de la descripción de los sedimentos y de una serie

de pozos se establece un esquema aloestratigráfico para el área, definiendo el alogrupo Costa de Hermosillo. La unidad basal, aloformación El Triunfo, presenta un espesor máximo de 900 metros y la constituyen una serie de conglomerados polimicticos, así como un horizonte de lutitas fosilíferas del Mioceno Temprano-Medio (arcilla azul) en la cima, el cual presenta un acuñamiento muy marcado hacia el continente. Los sedimentos superficiales se encuentran incluidos dentro de la aloformación Kino, la cual presenta un espesor promedio de 65 metros y la componen gravas, arenas y arcillas cuya consolidación aumenta con la profundidad; gravas bien consolidadas en la porción basal presentan fauna del Mioceno. El basamento por su parte se encuentra caracterizado por rocas volcánicas e intrusivas félsicas.

A partir de este trabajo, es posible definir la presencia de un sistema deltaico lobado tipo Gilbert progradante a partir del Mioceno Temprano, período durante el cual se tiene documentada la primera invasión marina en la porción continental de Sonora, asociada al inicio de la apertura del Golfo de California.

ES-06

NEW RODENT LOCALITIES IN THE CONTINENTAL MIDDLE MIOCENE OF AÏT KANDOULA BASIN (MOROCCO).

Benammi Mouloud

Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
Mexico, D.F., 04510, México

The Azdal section in the Aït Kandoula basin show a succession of four fossiliferous layers delivering micromammals particularly rodents. are very abundant than the great mammals. *Mellalomys kandoulati* nov.sp. new species are described in the oldest layer of the section. Compared to the Middle Miocene fauna of North Africa, the, all the species from different layers are not yet reach the evolutionary stage of those of Pataniak 6. The old level has an age similar to those of Beni Mellal. The magnetostratigraphic study allows to situating these fore layers in chron C5An.2n and C5Aan.

ES-07

LOS REGISTROS DE INMIGRANTES SUDAMERICANOS EN FAUNAS DEL TERCIARIO TARDIO DEL CENTRO DE MÉXICO Y SUS IMPLICACIONES

Carranza-Castañeda, Oscar
UNICIT, UNAM

Juriquilla, Querétaro, Qro. 76230, México
E-mail: oscar@servidor.unam.mx

La recientes investigaciones realizadas acerca de la bioestratigrafía de las cuencas sedimentarias que se encuentran en la faja volcánica transmexicana, se han complementado con estudios de paleomagnetismo y fechamientos radiométricos obtenidos del análisis de cenizas volcánicas que se encuentran intercaladas en los estratos donde se han recolectado importantes asociaciones faunísticas que representan dos edades de mamíferos, Henfiliano (Mioceno tardío) y Blancano (Plioceno).

Los resultados obtenidos de estas investigaciones ha proporcionado nueva información para calibrar con mayor precisión los diferentes eventos geológicos y biológicos que se sucedieron en

el Terciario tardío, antes y después del inicio del gran intercambio de faunas entre las Américas, a través del puente Panameño. Estas investigaciones multidisciplinarias, han tenido como objetivo fundamental documentar con mayor precisión cuando y cuales fueron los primeros organismos implicados en este intercambio. Hasta antes de las investigaciones realizadas en el área de San Miguel de Allende en el estado de Guanajuato, la mejor información que se tenía acerca de la integración de faunas de origen neotropical coexistiendo con faunas típicas de América del norte, provenía de los hallazgos de las faunas de América del Norte.

Los primeros registros de inmigrantes neotropicales, descritos en faunas de América del Norte son el género *Glyptotherium*, de la fauna de Cita Canyon y Mount Blanco en Texas. El género *Paramylodon*, mencionado en las faunas de HaileXVA y Santa Fe River del estado de Florida; el Género *Nechoerus*, descrito en las faunas de III Ranch y Flat Tire en Arizona. La edad asignada a estos registros de inmigrantes sudamericanos es del Blancano tardío, los fechamientos radiométricos y estudios de paleomagnetismo dan edades de 2.5 ma. para las faunas que los contienen. El género *Pampatherium*, su primer registro, proviene del Irvingtoniano de la fauna de Coleman IIA, en el estado de Florida. Con base en esta información, se determinó, que el puente Panameño se estableció hace tres millones de años, iniciando así el gran intercambio de faunas entre las Américas.

Las investigaciones realizadas en el área de San Miguel de Allende en el estado de Guanajuato, han demostrado la coexistencia de inmigrantes neotropicales con taxa de la región holártica.

Los resultados obtenidos en las diferentes prospecciones realizadas en el graben de San Miguel de Allende, se han recolectado abundantes fósiles de inmigrantes sudamericanos. En el área de Los Galvanes, en la localidad de Arroyo El Tanque y en el área de de Rancho Viejo, en las localidades de Cuesta Blanca, Localidad de Garbani y localidad de Arrastracaballos, se han recolectado (fragmentos de cráneo, mandíbulas y elementos poscraneales) abundantes restos del roedor *Nechoerus*. La abundancia de material, permite afirmar, que en estas localidades, coexistía una población bien establecida de estos roedores caviomorfos. El género *Glyptotherium*, se ha recolectado en la localidad de Arroyo El Tanque Y Arroyo Belén, el espécimen es un fragmento de caparazón. El género *Paramylodon*, se ha recolectado en la localidad de Arroyo El Tanque, el material se describió como una nueva especie *Paramylodon garbani*. Estos géneros de inmigrantes se encuentra asociados a los roedores *Spermophilus*, *Paenemarmota* sp., los équidos *Equus simplicidens*, *Nannippus peninsulatus*, los carnívoros *Borophagus simplicidens* y *Felis studei*, *Trigonictis* sp. El proboscideo *Rhynchotherium* sp. Y el pecarí *Platygonus* sp., todos ellos considerados índices estratigráficos del Blancano. Sin embargo, la edad de esta fauna ha sido determinada con mayor precisión por los fechamientos radiométricos obtenidos de las cenizas volcánicas inter estratificadas con el material fósil. Las edades obtenidas son de 3.9 y 3.3 ma, por medio de 40/Ar 39/Ar. Estos resultados sitúan a los registros de inmigrantes sudamericanos de San Miguel de Allende en el Blancano temprano. En la localidad de Rancho El Ocote, se han recolectado restos de *Paramylodon* y *Megalonyx*, la fauna asociada, esta compuesta de *Nannippus minor*, *Dinohippus mexicanus*, *Neohipparion eurystyle*, *Astrohippus stockii*, *Agriotherium schneideri*, *Osteoborus cyonoides* y *prosthennops* sp. La edad radiométrica de estos estratos es de 4.8 ma., esto implica que estos son los registros mas antiguos de inmigrantes sudamericanos en faunas de México y en el caso de *Paramylodon*

el registro mas antiguo de América del Norte. En esta localidad se recolectó material de *Pampatherium*, en sedimentos que tienen una edad de 4.7ma, obtenida por 40Ar/39Ar, por lo cual es el registro mas antiguo de este taxón en América del Norte.

Con base en los resultados expuestos anteriormente, los registros de inmigrantes sudamericanos en la cuenca de San Miguel Allende, son la evidencia de que el gran intercambio de faunas entre la Américas se inició al menos entre los límites Henfiliano-Blancano, por lo cual el puente panameño que permitió este intercambio, estaba cerrado, ó al menos era un eficiente corredor para el desplazamiento de animales, mucho antes de los tres millones de años como se ha sugerido con las evidencias de las faunas de América del Norte. Las poblaciones de roedores caviomorfos y sus requerimientos alimenticios tan específicos, son una prueba de que el intercambio de faunas a través del istmo de Panamá, era posible por presentar las condiciones ecológicas suficientes para que se iniciara este desplazamiento de faunas.

Durante el Blancano tardío, una ruta eficiente estaba ya establecida a través de istmo de Panamá y el gran intercambio de faunas se hizo mas dinámico, los registros de inmigrantes sudamericanos en faunas del Irvingtoniano de Norteamérica así lo confirman.

El género *Megalonyx*, también se ha recolectado en las localidades del Henfiliano temprano de la fauna de Zietla y la fauna de Las Golondrinas, Henfiliano tardío del estado de Hidalgo. En el estado de Jalisco, en la fauna de la cuenca de Tecolotlán, se ha obtenido una edad de 4.8 ma, por medio de 40 Ar/ 39 Ar, para los estratos donde se ha recolectado un espécimen de *Megalonyx*, confirmando su amplia distribución en las faunas del Henfiliano tardío del Centro de México.

ES-08

LOS IONOCOSPIDOS DE LA CANTERA TLAYÚA, TEPEXI DE RODRÍGUEZ, PUEBLA

Alvarado Ortega Jesús y Espinosa Arrubarrena Luis
Instituto de Geología, UNAM

Los Ionocospidos son un grupo poco abundante de peces mesozoicos extintos, encontrados hasta ahora en sedimentos marinos del Jurásico Medio en Europa y Aptianos (Cretácico temprano) en Brasil.

Aunque las relaciones filogenéticas de este grupo de peces halecomorfos no están bien establecidas, debido en gran parte a la escasez de ejemplares, las ultimas revisiones del grupo coinciden en señalar que existe una estrecha relación entre los géneros *Oshunia* Wenz and Kellner, 1986 (con una sola especie reportada formalmente, *O. Brevis*) y *Ionocospus* Wagner, 1863 (con dos especies representantes, *I. cyprinoides* y *I. pietraroiae*). Tal asociación es soportada por las características que éstos muestran en la longitud de los huesos parietales; la presencia de un reborde transversal que separa un par de fosas en cada uno de los centros vertebrales que se encuentran completamente osificados. En la aleta caudal, ambos géneros presentan un número relativamente elevado tanto de centros urales (arriba de 13), como hipurales (arriba de 20).

La identificación de cinco ejemplares ionocospidos entre los peces de la Cantera Tlayúa, depositados en la Colección nacional de paleontología del Instituto de Geología, UNAM, representa el primer hallazgo del grupo en Norteamérica, extendiendo su

distribución paleogeográfica y temporal, ya que la Cantera Tlayúa es un yacimiento Albiano (hace 100 m. a.). La comparación anatómica de los ionocospidos de la Cantera Tlayúa con los otros miembros del grupo permite establecer de manera tentativa una afinidad más cercana con los representantes jurásicos reportados en Europa.

ES-09

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LOS CAMELIDOS Y ANTILOCAPRIDOS DEL TERCIARIO TARDIO DEL CENTRO DE MEXICO

Jiménez Hidalgo E.¹ y Carranza Castañeda O.²

¹ Instituto de Geología, UNAM

Ciudad Universitaria, México D.F., 04510, México

² UNICIT, UNAM

Campus Juriquilla, Querétaro, Qro., 76230, México

Los trabajos de prospección realizados en los sedimentos continentales del Terciario tardío del centro de México, en especial en el graben de San Miguel de Allende, Guanajuato, han dado como resultado la integración de una extensa colección de mamíferos, recolectados con un riguroso control estratigráfico.

A partir del material recuperado de los sedimentos fluviales y lacustres del Área de San Miguel de Allende, Gto, en publicaciones anteriores se describieron los índices estratigráficos que permitieron definir la existencia de dos secuencias faunísticas sobrepuestas que representan dos edades de mamíferos, Henfiliano (Mioceno tardío) y Blancano (Plioceno). Los índices estratigráficos que caracterizan estas edades en las localidades de esta área son, para el Henfiliano, el cánido *Osteoborus cyonoides*, el úrsido *Agriotherium schneideri*, el rinoceronte *Teleoceras fossiger*, y los équidos *Nannipus minor*, *Neohipparion eurystyle*, *Astrohippus stockii* y *Dinohippus mexicanus*. Para el Blancano, el roedor *Spermophilus* sp y los équidos *Equus (Dolichohippus) simplicidens* y *Nannipus peninsulatus*.

Una parte importante de la colección está conformada por material de camélidos y antilocápridos, sin embargo, en México son pocos los trabajos donde se han dado a conocer estos grupos, y en general, se han descrito sin un adecuado contexto estratigráfico. En el centro de México, sólo se les ha mencionado, sin haberlos descrito formalmente.

Los camélidos se originaron durante el Terciario temprano en América del Norte; tuvieron dos eventos de dispersión, el primero de ellos cuando migran hacia Eurasia y probablemente África durante el Mioceno tardío, y el segundo durante el Pleistoceno temprano, cuando migraron hacia Sudamérica.

Por su parte, los antilocápridos son un grupo endémico de América del Norte que se originó en el Terciario medio, y con sólo una especie actual, *Antilocapra americana*.

En las recientes investigaciones sobre estos grupos en las faunas del Henfiliano de San Miguel de Allende se identificaron los camélidos, *Alforjas*, *Megatylopus* y dos especies de *Hemiauchenia*.

En el Blancano, se determinaron *Camelops* y una especie de *Hemiauchenia* que presenta rasgos distintos al de las especies presentes en el Henfiliano; ambos registros son los primeros para esta edad en el área.

ES-10

GEOESTADÍSTICA Y ANÁLISIS MULTIVARIADO EN LA DEFINICIÓN DE LA HETEROGENEIDAD FÍSICA DEL SUBSUELO EN EL ACUÍFERO EXPERIMENTAL DE OYSTER, VIRGINIA, US.

Maria Green Blum y Donald J. Swift

Old Dominion University

El presente trabajo tiene como objetivo el explorar el uso combinado del análisis estadístico multivariado y geoestadístico con información geológica para definir cuantitativamente la heterogeneidad física de los sedimentos, en particular litofacies e hidrofacies.

Las facies sedimentarias son definidas en base a las características litológicas, texturales y estructurales del sedimento las cuales reflejan variaciones de los procesos de transporte y de los mecanismos de deposito (litofacies), incluyendo cambios en capacidad y competencia del flujo asociado a estos procesos (hidrofacies). Como ejemplo de la aplicación de la estadística multivariada y la geoestadística en sedimentología, se utilizó un banco de datos provenientes de un estudio en un acuífero de la planicie costera en Oyster, Virginia, EU. Este estudio forma parte del programa NABIR (National and Accelerated Bioremediation Research) del Ministerio de Energía de E.U.

Se colectaron 20 núcleos de 10 metros de profundidad en dos localidades, Narrow Channel y South Oyster. En cada núcleo se obtuvieron muestras de sedimento cada 10 centímetros para análisis granulométricos, de porosidad y de conductividad hidráulica (medida indirecta de la permeabilidad). Las litofacies (basadas en las características granulométricas del sedimento) y las hidrofacies (basadas en la relaciones entre litofacies y conductividad hidráulica), se definieron cuantitativamente mediante análisis estadístico multivariado. Los parámetros texturales utilizados en el análisis cluster para definir las litofacies fueron: tamaño medio de grano, clasificación de los sedimentos, porcentaje de limos, porcentaje de gravas y el contenido de materia orgánica. La validez de los grupos se comprobó mediante análisis ANOVA. Se realizó un análisis de componentes principales (PCA) para identificar los principales parámetros sedimentarios que gobiernan la porosidad y la conductividad hidráulica.

En Narrow Channel, se definieron cuatro litofacies: arena media mal clasificada (PMS); arena media moderadamente clasificada (MMS); arena fina bien clasificada (WFS) y arena gravosa mal clasificada (PGS). En South Oyster se identificaron tres litofacies adicionales: arena muy fina bien clasificada (WVFS), arena limosa (L) y turba (P). Los diagramas de correlación entre litofacies y conductividad hidráulica indican que las variaciones de la conductividad hidráulica están asociadas a las litofacies. Se definieron cuatro hidrofacies: impermeable, asociada a la turba y a la arena limosa; baja permeabilidad, que se asocia a la arena media mal clasificada y a la arena muy fina bien clasificada; media permeabilidad, asociada a la arena media moderadamente clasificada y a la arena fina bien clasificada; y, alta permeabilidad, asociada a la facie gravosa. El análisis PCA señala que el tamaño medio de grano y el contenido de materia orgánica son los principales parámetros controlandolas variaciones de la conductividad hidráulica.

Variogramas verticales y mapas de distribución de ambas localidades señalan la espacial correlación entre litofacies e hidrofacies. Se observa una permeabilidad mayor en Narrow Channel que en South Oyster. En Narrow Channel se observa una capa superficial de baja permeabilidad y una capa altamente permeable entre 6 y 8 metros de profundidad; 3) en South Oyster existen tres capas impermeables separadas por dos capas medianamente permeables, éstas últimas localizadas cerca de la superficie y, entre 5 y 6 metros de profundidad.

ES-11

IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE DEPÓSITOS DE CARBONATOS DE CALCIO DE ORIGEN CONTINENTAL (TUFAS), EN EL VALLE DE TEHUACÁN, PUE.: INDICADORES PALEOCLIMÁTICOS, PALEOAMBIENTALES Y PALEOHIDROLÓGICOS DEL CUATERNARIO TARDÍO

Ortega-Ramírez, J.¹, Valiente-Banuet, A.², Maillol, J. M.³, Bandy, W.¹, Urrutia-Fucugauchi, J.¹ y Urbano-González, J.J.⁴

¹ Instituto de Geofísica, UNAM, México, D.F.

² Instituto de Ecología, UNAM, México, D.F.

³ Department of Geology and Geophysics, University of Calgary, Calgary, Canada

⁴ ESIA, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.

Los precipitados de carbonato de calcio CaCO₃ de origen continental, tales como: travertinos, sinters, depósitos de cavernas (flowstone, dripstone, rimstone, perlas de cavernas y espeleothemas) y tufas, son considerados en la actualidad como archivos potenciales de información paleoambiental, paleoclimática, paleoecológica y paleohidrológica. En el Valle de Tehuacán, Pue, se han identificado una gran variedad de depósitos de carbonatos de calcio muy porosos y con abundantes impresiones de tejido vegetal, tallos y hojas de vegetación acuática, lo cual indica que el remplazamientos de la estructura orgánica y precipitación de los carbonatos de calcio se llevo a cabo en ambientes acuosos a temperatura ambiente. Además, existen depósitos de tipo arrecifal (phytohermas) formados por crecimientos de briofitas, algas y musgos, así como abundantes partículas detríticas cubiertas por carbonatos de calcio (coated grains), tales como phytoclastos, oncoides, pisoides, espeleothemas y perlas de cavernas.

La presencia de estos paleodepósitos, en una región actualmente semiárida (450 mm/año-1) indican que: (1) durante su formación, las condiciones paleoclimáticas fueron más húmedas que las actuales, ya que para su formación, requieren de una fuentes de disolución de carbonatos de calcio producidos por aguas subterráneas y flujos constante de agua dulce; (2), el clima en el que se formaron fue húmedo y cálido, debido a que el crecimiento, particularmente de tufas (precipitación de carbonatos de calcio), es muy lento en condiciones ambientales frías o imposible en ausencia de agua en ambientes glaciales, o más aún, improbable en condiciones áridas incapaces de mantener un nivel freático perenne; (3) son de edad Cuaternaria, ya que no existen en el registro geológico a nivel mundial, consecuencia de su escasa preservación y rápida erosión; y (4), su distribución es limitada a sitios específicos en el Valle de Tehuacán, por lo que su presencia puede ser solamente explicada si se relacionan con ciertos aspectos estructurales tales como fallas, sistemas de fracturas de planos axiales de plegamientos o planos de discordancias entre rocas de

diferente edad y composición. Por lo tanto, si la formación de estos depósitos fue estructuralmente controlada, entonces las descargas de agua subterránea o paleofujos fueron influenciadas por estructuras preexistentes que funcionaron como conductos, formando manantiales y rezumaderos a lo largo de fallas y fracturas.

ES-12 CARTEL

DISCOVERY OF TWO NEW SPECIES OF MYOCRICETODON GENUS IN THE UPPER MIOCENE OF AÏT KANDOULA BASIN (MOROCCO)

Benammi Mouloud

Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
Mexico, D.F., 04510, México

The Aït Kandoula basin is known by its wealth of micromammals fauna. The systematic study of the fauna of two layers of the Afoud section (AF6 and AF5), highlights the presence of two new species: *Myocricetodon afoudensis* nov. sp. and *Myocricetodon jaegeri* nov. sp.. These two layers are respectively dated at 10,1 and 6,3 Ma, by magnetostratigraphic correlation.

Rodents/ *Myocricetodon*/ Miocene/ Morocco.

ES-13 CARTEL

ESTRATIGRAFIA DE SECUENCIAS Y DINOFLAGELADOS DEL OLIGOCENO-PLIOCENO DE LA SONDA DE CAMPECHE, MÉXICO

Del Valle Reyes Aarón¹ y Helenes Javier²

¹ Gerencia en Geociencias, IMP

² Depto. de Geología, CICESE

El análisis palinológico (cualitativo y cuantitativo) de 121 muestras de canal del Pozo Chac Mool 1 de la Sonda de Campeche, en el SE de México, permite asignar edades y ambientes de depósito a la columna perforada, gracias a 51 especies de palinomorfos marinos y 26 de palinomorfos continentales. Los paleoambientes interpretados varían de nerítico interno a nerítico externo. El análisis del registro de rayos gamma permitió identificar secuencias de eventos transgresivos y regresivos.

Con base en la integración de la información así generada se definieron 10 ciclos sedimentarios. Las apariciones estratigráficas más altas de las especies *Homotryblium tenuispinosum*, *H. abbreviatum* y *Glaphyrocysta exuberans* indican el límite Oligoceno-Mioceno, mientras que aquellas de *Selenopemphix nephroides* y *Sumatradinium* sp. indican el límite Mioceno-Plioceno. El límite Plioceno temprano-Plioceno tardío está marcado por la aparición estratigráfica más alta de *Hystriochosphaeropsis obscurum*.

La comparación de la columna del Pozo Chac Mool 1 con los ciclos eustáticos permite proponer un marco cronoestratigráfico que abarca del Oligoceno tardío al Plioceno tardío, con 21 líneas de tiempo correlacionables.

ES-14 CARTEL

ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS EN LA PORCIÓN CENTRAL DE LA ZONA DE TRANSICIÓN ENTRE LA PLATAFORMA VALLES-SAN LUIS POTOSÍ Y LA CUENCA MESOZOICA DEL CENTRO DE MÉXICO

Tapia Uresti I y López Doncel R.
Instituto de Geología, UASLP

Estudios sedimentológicos y faciales realizados a los sedimentos de la parte central de la zona de transición entre la Plataforma Valles-San Luis Potosí (PVSLP) y la Cuenca Mesozoica del Centro de México (CMCM) han permitido diferenciar tres tipos principales de depósitos, los cuales presentan una gran variedad de estructuras sedimentarias que nos permiten su identificación y caracterización. Las estructuras estudiadas se localizan en la porción centro-noroccidental del Estado de San Luis Potosí, en las áreas de la Sierra del Coro, Sierra del Meco y Sierra la Paloma.

Los depósitos estudiados son:

- Depósitos de Flujo de detritos (debris flows)
- Depósitos de Turbiditas
- Depósitos de Pliegues sinsedimentarios (slumps)

En este trabajo se presenta un catálogo de las diferentes estructuras sedimentarias identificadas y se hace una interpretación de ellas de acuerdo al marco geológico-regional del margen occidental de la PVSLP.

ES-15 CARTEL

LA FORMACIÓN POTRERO DE LA REGIÓN DE ARIVECHI, SONORA, MÉXICO: UN ERROR EPISTEMOLÓGICO

Palafox Reyes Juan José
Depto. de Geología, Universidad de Sonora

En los Cerros de las Conchas al Este del poblado de Arivechi, Sonora, México se han estudiadas desde 1866, secuencias sedimentarias asignadas a edades paleozoicas, jurásicas y cretácicas. Dentro de los varios trabajos realizado, destaca el de King (1939), el cual fué uno de los pioneros en el conocimiento de la geología de Sonora central; sin embargo, se considera que epistemológicamente la Formación Potrero descrita por King, fue mal planteada. El la describió como lutitas, calizas café en estratos delgados, andesitas interestratificadas y aglomerados, incluyendo así mismo lutitas fosilíferas de edad Albiana, en su sección tipo del Rancho El Potrero. Palafox y Martínez (1985) en base a la continuidad estratigráfica dividen a la Formación Potrero s.s. en tres unidades distintas: Formación las Cúmaras, Grupo Arivechi y Formación Potrero.

Además, utilizan el término Formación las Cúmaras para una secuencia conformada por lutitas, limolitas y areniscas que terminan en una potente brecha sedimentaria, a la que consideraron de edad Aptiano en base a belemnites (*Hibolites* sp. cf. *Haptensis*) mal preservados. Posteriormente, Almazán y Palafox (2000) en base a la amonita *Subdichotomoceras* le asignan de manera definitiva una edad Jurásico Superior (*Kimmerdgi*o). Palafox y Martínez (op. cit.), proponen el término Grupo Arivechi para describir una secuencia que fue dividida en tres unidades. La Unidad Inferior,

constituida por un potente conglomerado polimíctico que evoluciona transicionalmente a la Unidad Media formada principalmente por lutitas y areniscas calcáreas con un conjunto faunístico típico del Cretácico Inferior; la Unidad Superior esta integrada por calizas masivas con rudistas (*Caprinuloidea* sp.cf. c. *Lenki*), subyaciendo a calizas con *Orbitolina* (*Mesorbitolina*) texana Roemer. Así mismo redefinen a la Formación Potrero como una potente y continúa secuencia volcano-sedimentaria que consiste de intercalaciones de lutitas, tobas cristalinas y líticas, aglomerados, areniscas, limolitas, y dique-estratos de andesitas. Pubellier y Rangin (1987), obtienen una edad absoluta de 77.5 ± 3.88 M.a. por el método de K/Ar, determinando de manera definitiva una edad Cretácico Superior. La Formación Potrero s.s. fue descrita por King de manera muy general y con algunas consideraciones erróneas e inconsistencias fenomenológicas, causando confusión en su uso en todos los trabajos posteriores, tanto locales como regionales. A través de la dialéctica del conocimiento, se ha podido determinar con certeza la edad absoluta y relación entre las tres unidades litológicas comparadas y analizadas en el marco epistemológico planteado inicialmente para la Formación Potrero s.s. La Formación Las Cúmaras es de edad Jurásico Superior. El Grupo Arivechi es de edad Cretácico Inferior. La Formación Potrero es de edad Cretácico Superior.

Reunión Anual 2001

Sesión

Geofísica

Jueves 8 — Viernes 9

SALA B

GEOF-01

HOW DEEP DO MAGNETIC SUSCEPTIBILITY METERS SENSE INTO ROCK SAMPLES?

Francisco J. Esparza, Sóstenes Méndez Delgado and Enrique Gómez Treviño
CICESE
UANL

We present a systematic, rigorous mathematical approach for understanding how much of a rock sample actually affects a given magnetic susceptibility measurement. This requires an understanding of the effect of the two basic components of a magnetic susceptibility meter. Namely, we need to take into account the composed effect of a source and a receiver of magnetic fields. Our analysis leads to a compact integral formula that relates the actual measurement to the depth profile of magnetic susceptibility within the rock, in such a way that the former is simply a weighted spatial average of the latter. The degree of penetration of a given measurement is then readily quantified by the weighting function of the corresponding instrument. We present expressions for this weighting function for a variety of possible transmitter-receiver arrays. Our starting point is Maxwell's equation for the nonexistence of magnetic monopoles, which we apply to hypothetical magnetic monopoles that are later converted to dipoles and to other types of current sources commonly used in existing instruments.

GEOF-02

MEDICIÓN DE VARIOS PARÁMETROS DE LA SEÑAL DE POTENCIAL ESPONTÁNEO USANDO UN MULTÍMETRO CON MEMORIA E INTERFACE

J.A. Randall Roberts
Universidad de Guanajuato

Algunas de los problemas que afrontan estudios de potencial espontáneo (P.E.), en la exploración geofísica incluyen los componentes de la señal y sus cambios con el tiempo. A pesar de que se intenta hacer estudios de P.E. en áreas de poco o nulo ruido eléctrico natural ha sido difícil de evaluar esto en el diagnóstico de las mediciones. Otro problema es la variación de la lectura con el tiempo; hay lecturas estables y otros muy variables; los motivos de ello pueden ser por muchas causas, uno de los comunes es la resistencia de contacto de electrodos de tipo no polarizable aunque se usan multímetros con impedancias de miles de mega ohmios. La toma de todos estos parámetros, sobre todo en secuencias de tiempos muy cortos es difícil hasta imposible en forma manual; la posibilidad de conseguir multímetros con memoria e interface con una computadora y programas que facilite la toma de información y su posterior graficado. Graficas de cambio de voltaje sobre tiempo muestran pequeñas oscilaciones que representan décimos de un mV; la instrumentación puede representar promedios junto con máximos y mínimos a determinados intervalos de tiempo. Un interesante análisis de la medición es la separación de un segmento de corriente alterna (CA) de la continua (CC); normalmente la primera es muy pequeña (2-3%) reflejado a un efecto de frecuencia (0.02 – 0.2 Hz), sin embargo la frecuencia tiende a aumentar con la presencia de mayor componente de CA. La posibilidad de una ciclicidad de la misma CC puede ser importante en un efecto semejante a potencial inducida sin la inyección de corriente artificial. La medición de la corriente en el campo CC proporciona

valores en el orden de 0.25 micro amperes en la presencia de tensiones en el orden de 12 mV. A la vez se toma un monitoreo de la resistencia de contacto que debe de estar a menos de 10 K ohms. P.E. es un excelente método para la exploración geofísica, pero faltan más conocimientos de los múltiples parámetros de la señal.

GEOF-03

HONNISS: UN PROGRAMA DE INVERSIÓN DE SONDEOS SCHLUMBERGER CON UN NÚMERO GRANDE DE CAPAS

Joel E. Rodríguez Ramírez, Francisco Esparza Hernández y Enrique Gómez Treviño
CICESE

HONNISS es un programa que invierte sondeos eléctricos verticales del tipo Schlumberger, con un número grande de capas (*i.e.* 1000). Para tal efecto, el programa utiliza un algoritmo de red neuronal artificial tipo Hopfield. La red efectúa la minimización de una función de error definida por mínimos cuadrados, entre los datos de campo y la respuesta no-lineal del modelado directo de algún modelo sintético. Mediante un proceso iterativo el programa evoluciona los estados de algún modelo inicial, hacia un estado final estable (modelo regularizado). El estado final de la dinámica representa a su vez un error *rms* mínimo (no global), entre los datos y la respuesta (no-lineal) del modelo. Se presenta el funcionamiento de la red neuronal, inversiones sintéticas e inversiones de datos de campo. (para mayor información ver: <http://www.cicese.mx/~joel/honniss/HONNISS.html>).

GEOF-04

MÉTODO PARA LA SIMULACIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO EN MEDIOS 3D HETEROGÉNEOS ANISÓTROPOS

Evgueni Pervago y Aleksandr Mousatov
Instituto Mexicano del Petróleo

Con base en la técnica de ecuaciones integrales, se propuso el método de la solución numérica del problema directo del campo eléctrico con corriente continua en medios 3D heterogéneos con anisotropía de resistividad arbitraria. El modelo generalizado del medio heterogéneo anisótropo esta compuesto por regiones homogéneas anisótropas. El potencial eléctrico en cada región se presenta como la suma del potencial de las fuentes primarias y del potencial secundario producido por las cargas superficiales distribuidas en las fronteras entre regiones. El potencial del campo secundario se presenta como la integral superficial de las cargas eléctricas en las fronteras. La descripción de los potenciales primario y secundario con las funciones de Green para medios anisótropos correspondientes al tensor de resistividad en cada región, permite evitar la consideración de las cargas secundarias volumétricas relacionadas con la anisotropía de resistividad. El sistema de las ecuaciones integrales se obtiene usando las condiciones de frontera para el potencial y la componente normal de corriente. Aproximando las superficies de fronteras como una maya de elementos triangulares con la distribución lineal de la densidad de las cargas secundarias, las ecuaciones integrales se transforman en el sistema de las ecuaciones lineales. La solución del sistema permite encontrar la densidad de las cargas secundarias y restablecer el campo eléctrico en cada región. La verificación del método y la selección de parámetros de la maya fue realizado en los modelos 1D

con capas horizontales y con capas cilíndricas, comparando los resultados del modelado numérico con las soluciones analíticas.

Se presentan los ejemplos de la aplicación del método para la simulación de los sondeos eléctricos verticales azimutales y continuos con dispositivos para mediciones tensoriales sobre una estructura con el contacto inclinado entre la capa superior isótropa y el basamento con diferentes direcciones del eje de anisotropía. Además, el método fue usado para el modelado del campo eléctrico en un pozo horizontal ubicado en el medio horizontalmente estratificado.

GEOF-05

SONDEOS EM EN EL DOMINIO DEL TIEMPO CON ANTENAS ELÉCTRICAS EN LA ZONA PRÓXIMA

Aleksandr Mousatov
Instituto Mexicano del Petróleo

Los sondeos electromagnéticos (EM) en el dominio del tiempo generalmente se realizan usando los dispositivos con dipolos magnéticos (o bobinas con dimensiones finitas) para transmitir y medir el campo electromagnético. En este caso la señal registrada en la receptor corresponde al campo magnético transitorio como la respuesta de un sistema lineal a la excitación del campo electromagnético por la corriente en forma de la función de escalón.

En este trabajo se analizan las posibilidades de realizar los sondeos electromagnéticos utilizando un pulso de corriente transmitido por un dipolo eléctrico. Con base en las soluciones del problema directo (usando la aproximación del pulso de corriente por la función de Dirac), para el dipolo - transmisor eléctrico en un medio homogéneo transversalmente isótropo fue obtenida la respuesta impulsiva en el dominio del tiempo para los componentes del campo eléctrico. Las expresiones muestran que el campo eléctrico tiene una relación con los componentes horizontal y vertical del tensor de conductividad en un rango amplio de variaciones de tiempo y distancias entre los puntos transmisor - receptor (T-R). Esta relación se mantiene inclusive cuando la separación entre las antenas T-R tiende a cero (para las mediciones a partir de un retraso que rebasa la duración del pulso de corriente). La tensión del campo eléctrico en este caso es proporcional al raíz cuadrado de la conductividad horizontal y depende del coeficiente de anisotropía. Para incrementar la sensibilidad del dispositivo a la conductividad del medio se puede medir la derivada espacial de la tensión del campo eléctrico en el punto de observación.

Los sistemas con las antenas eléctricas permiten usar la metodología de medición cuando el transmisor y receptor están ubicados en el mismo punto de observación. Con esta metodología se puede obtener un perfil continuo de sondeos electromagnéticos con una alta densidad de los puntos de observación que incrementa la resolución espacial. La técnica considerada permite disminuir los problemas de la transportación de los dispositivos de medición a lo largo del perfil y puede ser aplicada para las investigaciones tanto terrestres superficiales y acuáticas como en pozos.

GEOF-06

PHYSICAL PRECONDITIONS OF DIFFERENT FIELD'S COMPONENTS MEASUREMENTS AT ELECTROMAGNETIC LOGGING FOR ANISOTROPY PARAMETERS' ESTIMATION

Alexandre Karinski
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: akarinsk@imp.mx

The sources of the field in electromagnetic logging usually are the transmitter antennas, which in the theory can be approximated by magnetic dipoles. We analyze the influence of anisotropic medium parameters to electrical and magnetic fields of the magnetic dipole. One of physical phenomena's, those determine the difference between the electromagnetic field for isotropic and anisotropic media, is the following. In the anisotropic medium (in contrast to the homogeneous isotropic one) the volumetric charges are induced. The distribution of these charges depends on an anisotropy coefficient and the field source orientation. Under the influence of electric field of these charges the electric currents and their magnetic field appear. As a result, the medium anisotropy gives rise to change both electrical $\mathbf{E}$, and magnetic $\mathbf{H}$ fields. On the magnetic dipole axis in anisotropic medium orthogonal to this axis components of $\mathbf{E}$ and $\mathbf{H}$ vectors exist.

The calculation results for homogeneous anisotropic medium, have shown, that there is difference in the influence of such medium parameters on different electrical and magnetic field components. Specifically, on the magnetic dipole axis under the certain conditions one of these components depends only on anisotropy coefficient and the dipole orientation. The difference in the medium anisotropy influence on different field components allows to solve the inverse problem and determine anisotropic medium parameters on the measured values of these components.

On the base of the forward problem solution for an arbitrary oriented magnetic dipole at the presence of an anisotropic layer in isotropic surrounding the mathematical simulation was realized. Its results have shown that the profiling curves for the orthogonal to dipole axis field components have the complicated form near to bed boundaries. These distortions, caused by the polarization of boundaries, influence to the electrical component a lesser degree in comparison with the magnetic component, orthogonal to dipole axis. The simulation made for one of high-frequency probes MPR has shown, that at small angles of the probe axis to bed boundaries the anisotropy influence on apparent resistivity ρ_a values depends on frequency and measured characteristic. But at such angles the shape of profiling curves near to boundaries becomes complicated.

GEOF-07

EMPLEO DE LA ACELERACION RELATIVA DEL SISTEMA GRACE PARA LA DETERMINACION LOCAL DEL CAMPO DE GRAVEDAD TERRESTRE

Ramon V. Garcia Lopez
Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad Autonoma de Sinaloa

Se realiza un análisis acerca de la factibilidad de utilizar mediciones in-situ de las diferencias de perturbación del campo de gravedad através del sistema GRACE para la determinación del

geoide. El método investigado se basa en la inversión de integrales. El problema resulta ser impropriadamente condicionado por lo tanto, se requiere de aplicar regularización. Los principales métodos de regularización estudiados son el de Tikhonov, descomposición del valor singular, y los métodos de gradiente conjugado.

En la búsqueda del mejor parámetro regularizador, el método de la curva-L fue analizado y proporciono buenos resultados al considerar solo errores aleatorios en las mediciones. Sin embargo, cuando se consideraron errores de modelo, el método no produjo resultados satisfactorios. Un método adaptativo con respecto a la geometría fue formulando para obtener un parámetro regulador cercanamente optimo.

Finalmente, se aplico regularización de Tikhonov combinada con suavizado de B-spline. El método proporciono errores de un geoide local (removiendo un campo de referencia de grado y orden 20) de alrededor de 12 cm, para una resolución de grado 1.2°. Todas las simulaciones fueron realizadas usando el modelo geopotencial EGM96.

GEOF-08

EN LA SOLUCION DE LA INTEGRAL DE STOKES PARA LA OBTENCION DE ONDULACIONES DEL GEOIDE

Carlos R. Moraila V.

Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad Autonoma de
Sinaloa

La ecuación de Stokes es evaluada analíticamente utilizando los métodos de integración numérica directa y transformadas de Fourier de una dimensión (1D FFT).

La formula de Stokes utilizando integración numérica proporciona una sencilla evaluación, pero computacionalmente se incrementa el tiempo de calculo. Por otro lado, La aplicación de 1D FFT puede grandemente incrementar la velocidad de las evaluaciones, provee esta técnica aplicada a Stokes una consistente solución, denotando la utilización de este método para el calculo del geoide en grandes regiones.

Los resultados obtenidos de los dos métodos, definidos como ondulaciones del geoide, son comparados entre si para verificar la consistencia entre ambos algoritmos de integración.

Los cálculos están basados en un conjunto de anomalías de gravedad comprendidos en la zona $26 < \lambda < 29$, $107 < \phi < 109$ regularmente espaciados sobre una malla. Fueron generados utilizando el modelo geoidal EGM96 con grado y orden 360. Se utilizo la técnica de remover y restaurar un campo de referencia de orden y grado 18.

Además, como un ejemplo practico se utilizaron un conjunto de anomalías de gravedad observadas comprendidos dentro de la misma zona.

Las ondulaciones del geoide calculadas con los datos analíticos son comparadas con las ondulaciones obtenidas con los datos medidos y la precisión obtenida es del orden de unidades de centímetros.

GEOF-09

ESTUDIO PRELIMINAR PARA LA INSTALACIÓN DE UN OBSERVATORIO MAGNÉTICO ESTÁNDAR EN JURIQUELLA, QUERÉTARO

Hernández Ordoñez Rodrigo¹, Lora de la Fuente Carlos¹,
Cifuentes Nava Gerardo¹, Hernández Quintero Esteban¹ y
Pérez Enríquez Roman²

¹ Geomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM

² UNICIT, Instituto de Geofísica, UNAM

Durante julio del 2000 y julio del 2001 en el Campus Juriquella, Qro, de la Universidad Nacional Autónoma de México se realizaron levantamientos magnetométricos con la finalidad de determinar si es un lugar apto para el emplazamiento de un observatorio magnético estándar.

Se presentan los resultados preliminares de tres diferentes áreas, basados en el estudio de las componentes magnéticas de intensidad total "F" de los terrenos, de declinación "D" e inclinación "I" del pilar provisional de referencia, así como las orientaciones astronómicas y referencias geográficas de estos.

Bajo los estándares establecidos en la International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA), por el Working Group for Magnetic Observatories (Div V, WG 1), se encuentra una porción del campus que presenta las mejores condiciones sobre las demás para el emplazamiento de un observatorio magnético moderno.

GEOF-10

OBSERVACIONES MAGNÉTICAS EN TIEMPO CASI- REAL: INTERMAGNET EN MÉXICO

Cifuentes Nava Gerardo y Hernández Quintero Esteban
Geomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM

Con la incorporación de nueva electrónica, sensores y software para la adquisición instantánea del registro del campo geomagnético en el Observatorio Magnético de Teoloyucan, México cuenta con su primer observatorio magnético tipo INTERMAGNET.

Se presentan los avances, modificaciones y calibraciones del equipo de observación, adquisición y registro que conforman la estructura de un sistema INTERMAGNET; así como el software de administración de datos con formato estándar y de control de tiempo del sistema. El diagrama del proceso para la publicación de datos reportados y definitivos para el proyecto internacional se desarrolla de la forma más sencilla posible, para que con pocos recursos, un observatorio magnético con registro digital pueda incorporarse de forma sencilla y económica al proyecto.

Los primeros resultados son satisfactorios para que el comité ejecutivo analice y dictamine el estado y la futura inclusión del Observatorio Magnético de Teoloyucan al sistema para el año 2002.

GEOF-11

RESULTS OF THE ULF MAGNETIC FIELD MEASUREMENTS DURING THE SEISMIC PERIOD AT IZU PENINSULA, JAPAN

A. Kotsarenko¹, M. Hayakawa², O. Molchanov³, S. Koshevaya⁴ and V. Grimalsky⁵

¹ UNICIT, Institute of Geophysics, UNAM

² University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo, Japan

³ NASDA, Tokyo, Japan

⁴ Autonomous University of Morelos

⁵ National Institute for Astrophysics, Optics, and Electronics, Puebla, Mexico

Results of the ultra low frequency (ULF) emission observed in Japan during seismic activity near Izu peninsula at the summer period of 2000 are reported. Data were collected from the network of magnetometer stations located at the distances 60 - 180 km from the seismo-active region.

Statistical characteristics were studied for different frequency bands in a frequency range 10^{-6} -5 Hz. A comparison between ULF wave activity and ΣK_p as well as polarization ratio (Z/H) where applied to recognize signals of seismic-related origin from ionospheric ones. Algorithms to reduce the level of the artificial noise were included in data processing methods.

Evolution of running mean values for components themselves and polarization ratios reveals some peculiarities which could be interpreted as possible magnetic precursors. It is shown that seismic waves have a certain correlation with Z/G ratios and gradients of ULF magnetic fields. The spectral ratios at some frequency bands get definite maximum values in about two days before the earthquakes with $M_s=6.4$.

GEOF-12

BATIMETRÍA DEL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA A PARTIR DE DATOS DE CUATRO CAMPAÑAS OCEANOGRÁFICAS: ANÁLISIS DE DATOS

Manuel Aragón Arreola, José Frez Cárdenas y Arturo Martín Barajas

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Km 107 Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C. México

E-mail: maragon@cicese.mx

Las mediciones de batimetría de dominio público de la parte norte del Golfo de California provienen de dos cruceros oceanográficos realizados por la Universidad de Oregon (OREGON 81 y OREGON 84). Recientemente el B/O Hespérides (CORTES 96: Universidad Complutense, CICESE, CSIC Barcelona) y el B/O Francisco de Ulloa (ULLOA 99: CICESE, Caltech, LDEO) realizan campañas de sísmica de reflexión en donde también se obtuvieron mediciones de batimetría.

Esta presentación conjunta los datos que provienen de los cuatro cruceros mencionados para producir un mapa batimétrico de la parte norte del Golfo de California en el área comprendida entre los 29° y 32° latitud norte y 115° a 112° longitud oeste. Se toma en cuenta la base mundial cada 2' producida por Sandwell y Smith (1996) en donde se estimó la batimetría con los datos de los cruceros OREGON 81 y 84 filtrados por el campo gravimétrico.

El uso de algunos paquetes comerciales para interpolar y visualizar los datos batimétricos arroja superficies en que las líneas de las expediciones aparecen claramente marcadas. El propósito de este trabajo y de nuestra presentación adjunta es explorar métodos de interpolación, suavización, inversión y visualización que resuelvan este problema.

Los datos batimétricos están en formato latitud/longitud/profundidad. OREGON 81 y CORTES 96 fueron grabados con 7 cifras significativas, precisión en latitud ± 10 m, en longitud ± 100 m. OREGON 84 y ULLOA 99 fueron grabados con 8 cifras significativas, precisión en latitud ± 1 m, en longitud ± 10 m. OREGON 81 (875 datos) y OREGON 84 (2,079 datos) aportan puntos bien distribuidos en toda el área de estudio; CORTES 96 aporta 11,797 datos en 6 líneas que cubren parcialmente el centro del área; ULLOA 99 (143,023 datos) cubre apropiadamente el centro y el oeste del área estudiada.

El manejo y la visualización de los datos se realizó en Matlab® 5.3. Se aplicaron, entre otros, los métodos de trazadores cúbicos sobre celdas rectangulares y kriging sobre una base de datos homogeneizada, incluyendo la acción regularizante de la base de datos mundial. En la homogeneización se ubicaron y corrigieron datos contradictorios.

La batimetría producto de este trabajo se presenta como una malla de 15'x15' en proyección de Mercator. Las rutinas para generar esta interpolación u otras se harán públicas, al igual que los archivos que contienen la batimetría resultante. Estas rutinas permiten el cambio de parámetros tanto de filtrado, suavizado, tensión y proyección cartográfica. Se comparan los resultados obtenidos con Matlab con la interpolación realizada con otros programas comerciales.

En la batimetría se define claramente la Cuenca de Wagner, orientada NNE-SSW; la depresión de Consag, orientada NNW-SSE; la Cuenca Delfín Superior orientada NE-SW, que en realidad son dos cuencas separadas por un alto batimétrico; la Cuenca Delfín Inferior, orientada NE-SW, asimétrica, con fuertes pendientes hacia el SE y suaves hacia el NW; se distingue también una cadena de montes submarinos que bordea el flanco oeste de las Cuencas Delfín superior e inferior; se distingue otra cuenca somera cuyo depocentro se ubica entre las Islas Angel de la Guarda y Tiburón.

GEOF-13

BATIMETRÍA DEL NORTE DE BAJA CALIFORNIA A PARTIR DE DATOS DE CUATRO CAMPAÑAS OCEANOGRÁFICAS: FORMACIÓN DE MAPAS

Frez, J., y M. Aragón

División Ciencias de la Tierra, CICESE

E-mail: jofrez@cicese.mx

Las mediciones de batimetría están afectas a varios errores y pueden no ser suficientemente completas como para definir características con claridad, es decir, por varios puntos de observación que cubren un área significativa. Al formar mapas con mallas regulares y a través de algún esquema de interpolación, suelen aparecer efectos no controlados debido a la aplicación mecánica de ese esquema; esto sucede indirectamente al usar algunos paquetes computacionales de visualización. Por ello, es necesario filtrar observaciones inconsistentes, resolver el efecto de datos contradictorios que no muestran con claridad las

inconsistencias “verdaderas”, optimizar el uso de la información conectando observaciones que no resuelven adecuadamente algunas características y utilizar toda la información geodésica y geofísica a la mano. En otra ponencia, describimos y analizamos las observaciones batimétricas tomadas en el norte del Golfo de California (entre las latitudes 29°N y 32°N y longitudes 112°W y 115°W) por expediciones realizadas en 1981, 1984, 1996 y 1999 y se hace notar algunos problemas para formar un mapa resultante en una malla regular.

En esta presentación, hacemos énfasis en la aplicación de filtros de suavización y de esquemas de inversión iterativa para tratar de obtener un mapa libre de inconsistencias a través de un compromiso entre estabilización y pérdida de información. En un paso previo, aplicamos filtros que eliminan inconsistencias; algunas de ellas son autoevidentes por su singularidad y su eliminación es trivial. Para las inconsistencias que resultan de parte o de todo un transecto de crucero, aplicamos un filtro polinomial mínimo-cuadrático a cada punto de la malla regular. En cuanto al proceso de inversión, Sanwell y Smith (1996) regularizan los datos con el auxilio de las observaciones gravimétricas; el mapa mundial obtenido por ellos (con un paso de 2') se utiliza como solución inicial en nuestro problema. Para tomar en cuenta la información “nueva” (cruceros de 1996 y 1999), diseñamos varios esquemas recursivos. El que presentamos es uno que pondera los datos por distancia, acimut y precisión asignada a cada observación. Se describen varios experimentos computacionales en que se aplican los esquemas mencionados junto con comprobaciones de los resultados; en particular, se usa el criterio de consistencia entre las estimaciones y las mediciones hechas cerca de puntos de intersección de cruceros.

La solución “preferida” se visualiza y se hace una correlación elemental entre los rasgos batimétricos más destacados y aquellos morfológicos conocidos en la región de estudio.

GEOF-14

SONDEOS TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS CON POLARIZACIÓN INDUCIDA SOBRE UN PÓRFIDO CUPRÍFERO

Sergio Peralta Ortega, Carlos Flores Luna y Jaime Calderón
González

Depto. de Geofísica Aplicada, División de Ciencias de la Tierra,
CICESE

Se presentan resultados de la inversión de sondeos transitorios electromagnéticos realizados en el yacimiento de El Arco, B.C. considerando el efecto de polarización inducida (PI). Los sondeos fueron realizados sobre un perfil de más de 1.5 km de longitud. La fuente consistió de 12 espiras rectangulares de 300 x 150 m sobre el yacimiento y dos más fuera de éste. El voltaje transitorio inducido en una bobina horizontal receptora fue medido con el equipo Geonics TEM57. Los sondeos de bobina central fueron invertidos con un algoritmo linealizado de mínimos cuadrados a modelos de semiespacios homogéneos y estratificados. El fenómeno de PI es incorporado en estos modelos al considerar que la resistividad se comporta de acuerdo con el modelo Cole-Cole, el cual está definido por cuatro parámetros en cada medio (resistividad DC, cargabilidad, constante de tiempo y exponente c).

Comparando los modelos con las concentraciones de sulfuros (publicados por Echavarrí y Rangin, 1978 y Farías, 1978), se encontró que la constante de tiempo y la resistividad DC son los parámetros Cole-Cole que tienen una mayor correlación positiva con la zona más mineralizada. En la gráfica de cargabilidad vs. constante de tiempo, propuesta por Pelton et al (1978) para realizar discriminación mineral, los puntos de este yacimiento caen dentro de las regiones esperadas de acuerdo con las concentraciones y texturas observadas. Estos resultados son promisorios pues indican la factibilidad de hacer discriminación mineral con sondeos electromagnéticos transitorios.

GEOF-15

DEVELOPING A GEOPHYSICAL APPROACH TO EVALUATE THE RECONSTRUCTION OF QUATERNARY FORMATIONS IN THE PLAYA EL FRESNAL REGION, NORTH CHIHUAHUA DESERT, MEXICO

Maillo J.M.¹, Ortega Ramírez J.², Fortier G.¹, Bandy W.²,
Valiente Banuet A.³, Urrutia Fucugauchi J.², Anderson L.¹ and
Martínez Estrella F.J.⁴

¹ Department of Geology and Geophysics, University of Calgary,
Calgary, Canada

² Instituto de Geofísica, UNAM, México, D.F.

³ Instituto de Ecología, UNAM, México, D.F.

⁴ ESIA, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.

In the context of an ongoing multidisciplinary investigation of the El Fresnal valley, Chihuahua, a multi-method geophysical survey program has been initiated. Its initial objective is the establishment of the most appropriate protocol to assess and complement the geomorphological and geological interpretation of the area, and to detect and characterize potential shallow groundwater resources.

The El Fresnal valley is a half-graben/tilted-block system with a playa-lake on the basin floor, and bordered by piedmonts classified as alluvial fans. It is characterized by a geomorphic asymmetry with gentle slopes on the eastern hanging wall and steeper slopes on the western footwall. This asymmetry has affected the development of alluvial fans: numerous short, steep drainage catchments in the footwall mountains formed a bajada of small alluvial fans while much more extensive and more gently sloping catchments are common in the hanging wall area.

To investigate the shallow formations, a combination of standard electrical resistivity sounding, two-dimensional resistivity imaging and ground penetrating radar was used. Most of the survey lines are confined to a long traverse crossing the basin from East to West, roughly perpendicular to the structural axis. The two main challenges encountered during the surveys are the difficulty of access and the high electrical conductivities found are very shallow depths in most areas. The worst affected method is GPR, which will most likely prove of limited use except for very detailed work. Electrical surveys yield more useful results, in particular some evidence of groundwater at depths ranging from 2 to 10 m.

At this point the best geophysical approach seems to be the combination of fast, relatively deep vertical soundings for determining the overall geoelectrical structure and high-resolution 2-D imaging profiles that provide information on lateral variations.

High-resolution refraction and reflection seismic could prove extremely useful if an integrated approach is to be maintained, as is most desirable in modern near-surface geophysical exploration. This option will be tested in future field seasons.

GEOF-16

GRAVIMETRÍA DEL ÁREA DE CABORCA, SONORA

Jorge Ramírez-Hernández¹, César Jacques-Ayala², Juan García Abdeslem³ y Francisco J. Grijalva-Noriega²

¹ Instituto de Ingeniería, UABC, Mexicali, B.C.

² Instituto de Geología, UNAM, Hermosillo, Son.

³ Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE, Ensenada, B.C.

Durante 1998 y 1999 se llevaron a cabo la primera y segunda campaña gravimétrica en el área de Caborca. En total, se cubrió, una extensión de 4800 km² que incluyen 818 estaciones gravimétricas con distanciamiento entre estaciones de 1-1.5 km, la cota de las estaciones se obtuvo con sistema GPS y la corrección topográfica se realizó utilizando el modelo digital del terreno de INEGI. La finalidad del presente estudio es aportar información sobre la profundidad y extensión de las cuencas cenozoicas de interés en el estudio de la disponibilidad de agua y manejo de los recursos hídricos subterráneos.

Geológicamente el área de Caborca, noroeste de Sonora, tiene una historia muy compleja abarcando un período de más de 1800 Ma. En esta zona se encuentran, en contacto el terreno Caborca y el cratón de Norteamérica. El terreno Caborca se localiza en el lado sur-suroeste y está formado por rocas ígneas y metamórficas con edades de 1800 a 1100 Ma. Del lado norte-noreste del contacto tectónico se encuentra el cratón de Norteamérica constituido por rocas ígneas y metamórficas con edades que varían de 1600 a 1100 Ma. En el Cretácico Tardío se produjo un levantamiento tectónico al que se asocia la formación de cuencas continentales que acumularon gruesos depósitos clásticos deformados durante el Cretácico por la orogenia Laramide.

El mapa de anomalía residual obtenido para toda el área muestra una serie de bajos gravimétricos que están relacionados con las cuencas continentales referidas y que desde el punto de vista geohidrológico corresponderían a la base impermeable del acuífero.

La interpretación preliminar de la anomalía durante la primera fase del estudio (1998) mostró un bajo gravimétrico con orientación SW-NE que corresponde espacialmente con el contacto inferido entre el terreno Caborca y el cratón de Norteamérica. Los datos de la segunda campaña proporcionan una mayor cobertura espacial que corrobora esta correspondencia.

A su vez se presentan los resultados del modelado bidimensional de la anomalía residual a lo largo de tres perfiles, dos con orientación SE-NW, perpendicular al alineamiento del bajo gravimétrico, el tercero con la misma orientación pero ubicado más al Oeste sobre la región costera de Caborca. Este último perfil cruza un bajo gravimétrico de -16 mGals que podría estar relacionado directamente con la profundización del relleno sedimentario en el que se aloja el acuífero de Caborca. Se discuten los resultados de la modelización con la geometría de la cuenca y con la disponibilidad de agua al sistema hidrológico.

GEOF-17

INVERSIÓN EN 2D DE DATOS GRAVIMÉTRICOS DE LA CUENCA SEDIMENTARIA LAGUNA SALADA, BAJA CALIFORNIA

Martín Atienza B.¹, García Abdeslem J.¹ y Osete López M.L.²
¹ Depto. de Geofísica Aplicada, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

² Depto. de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, España.

Se ha utilizado el método iterativo de inversión de Marquardt-Levenberg para determinar varios modelos de la geometría y la distribución del contraste de densidad de la cuenca Laguna Salada a lo largo de dos perfiles gravimétricos. Para cada modelo, las fronteras de la estructura vienen descritas por polinomios de diferentes grados y el contraste de densidad viene dado por un polinomio de segundo grado que depende tanto de profundidad z como de la dirección de perfil x .

El primer perfil de datos gravimétricos que hemos modelado tiene una longitud de 28 km y cruza transversalmente la cuenca sedimentaria por su parte central en dirección ENE. Los modelos obtenidos sugieren una estructura con forma de semigraben con mayor subsidencia hacia la margen oriental de la cuenca, alcanzando una profundidad máxima de 2.7 km. El contraste de densidad muestra el basculamiento de los sedimentos de la cuenca de acuerdo a la estructura de semigraben sugerida por los modelos, presentando una variación muy suave, desde -0.67 g/cm^3 en superficie, debido a la presencia de sedimentos no consolidados en esta zona, hasta alcanzar -0.1 g/cm^3 cerca de la frontera inferior.

El segundo perfil tiene una longitud total de 17.5 km y cruza transversalmente la parte norte de la cuenca, en dirección NE. Los modelos obtenidos muestran una estructura de semigraben más pequeña y menos profunda que los modelos obtenidos en el primer perfil. La máxima subsidencia también se presenta hacia la margen oriental de la cuenca y alcanza una profundidad máxima de 2 km. En cuanto al contraste de densidad obtenido para este perfil de datos, los modelos presentan el basculamiento de las capas sedimentarias hacia el oriente, con valores que varían entre -0.67 g/cm^3 en superficie hasta 0.0 g/cm^3 en profundidad.

GEOF-18

UNA CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA DEL CRÁTER DE CHICXULUB A PARTIR DE UN ESTUDIO DE SU CUBIERTA SEDIMENTARIA TERCIARIA

Campos Enriquez J.O., Chávez García F.J., Acosta Chang J.G., M. Takafumi, Ramos-López J.I.
 Instituto de Geofísica, UNAM
 Instituto de Ingeniería, UNAM
 Tokyo University

Con base en un estudio sísmico de refracción estudiamos la estructura cortical somera del cráter de impacto de Chicxulub (Yucatán, México). Realizamos un análisis de dispersión de ondas Rayleigh a lo largo de un perfil de aproximadamente 150 km de largo. El perfil corre del centro del cráter con una dirección E-W, cruzando el anillo de cenotes. La profundidad muestreada por las

ondas Rayleigh corresponde a la litología terciaria. Dos y tres estratos fueron determinados (profundidades entre 200 y 500 m). El espesor del primer estrato incrementa hacia la cuenca central, desde menos de 100 m inmediatamente fuera, a más de 200 m en la zona de terrazas. El primer estrato otra vez tiene aproximadamente 100 m en la porción central del cráter. En el centro del cráter este estrato tiene una velocidad baja (alrededor de 1 km/s). La velocidad es ligeramente mayor en el resto del perfil pero menos de 1.2 km/s. La velocidad del segundo estrato es aproximadamente 1.2 km/s y en algunas parte mayor. Este estrato también incrementa su espesor conforme nos acercamos a la cuenca central. El espesor cambia de alrededor de 150 m fuera de la cuenca, a 200-250 m en la vecindad del borde del cráter. El incremento en espesor de los dos primeros estratos conforme nos aproximamos al anillo de cenotes desde el exterior del cráter es consistente con la existencia de una cuenca central. La disminución del espesor del primer estrato en el centro del cráter parece indicar la presencia de un alto estructural consistente ya sea con un anillo de picos o un alto estructural. Los estudios sísmicos reportados hasta ahora no han aportado mucha información sobre la presencia de dicho alto estructural. Sin embargo resultados preliminares de estudios magnetotéluricos en progreso parecen confirmar la existencia del alto estructural central. Se observa una alta correlación entre la distribución de velocidades determinada del análisis de dispersión y la información gravimétrica.

GEOF-19

CENTRAL STRUCTURAL HIGH AT THE CHICXULUB IMPACT CRATER IN YUCATAN, HINTED FROM MAGNETOTELLURIC MEASUREMENTS

Jorge A. Arzate, Oscar Campos-Enriquez and Alexander Jording

Unidad en Ciencias de la Tierra, UNAM

E-mail: arzatej@unicit.unam.mx

A magnetotelluric (MT) survey was carried out recently in the Yucatan Peninsula to follow up suggested structure from a previous MT study in the region. A total of 15 long period MT soundings were completed in the surroundings of the Chicxulub crater and along a new profile. The total number of stations now adds up to 37, which can be accommodated in three profiles more than 100 km long each, crossing the sinkhole's main ring and ending at the coast, in the town of Chicxulub. The Profiles AA' (NS) and BB' (W40N) were part of a previous survey campaign, but their extent did not reach the coast before the new data set was acquired. The new profile (CC'), runs E10N from the coast at Celestún to the town of Kinchil, then its orientation changes northwards to E50N up to the coast at Chicxulub. Although the data set cannot yet be regarded as a 3-D set due to the sparing of the data along three specific paths, the 2-D inversion of the three profiles provide useful details of specific structural features related to the upper crust and cavity characteristics.

Two-dimensional models using Mackie's inversion algorithm are currently being worked out for each profile from the simultaneous inversion of the TE and TM modes. Preliminary results constrain the maximum diameter of the crater to about 190 km and depict important differences regarding to the slump zone and a central resistive feature which is associated to the crater central uplift.

GEOF-20

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LA TRANSFORMACIÓN SERIE-PARALELO DEL TENSOR DE IMPEDANCIA

José M. Romo y Enrique Gómez Treviño

Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE

El tensor de impedancia utilizado en el método magnetotélurico puede representarse, mediante una transformación matemática, en un conjunto de cuatro parámetros complejos que corresponden a un modelo físico simple, pero completamente general. Las corrientes eléctricas inducidas en un medio cuya resistividad varía en las tres direcciones (3-D), pueden considerarse que fluyen ya sea cruzando fronteras entre distintas resistividades o bien que viajan principalmente a lo largo de ellas. La transformación serie-paralelo reduce el tensor a dos impedancias, una llamada serie y la otra paralelo, ambas relacionadas directamente con el modelo de corrientes que cruzan o fluyen a lo largo de fronteras. Junto con las impedancias serie y paralelo, la transformación produce dos parámetros complementarios que proveen información sobre la dirección de las corrientes. Las principales características de la transformación se ilustran con datos sintéticos producidos con modelos en dos y tres dimensiones, así como con ejemplos de su aplicación a datos reales.

GEOF-21

FLUIDS RELEASE FROM THE SUBDUCTED COCOS PLATE AND PARTIAL MELTING OF THE CRUST DEDUCED BY MAGNETOTELLURIC STUDIES IN SOUTHERN MEXICO: IMPLICATIONS FOR THE GENERATION OF VOLCANISM AND SUBDUCTION DYNAMICS

Alexander Jording, Luca Ferrari, Jorge Arzate, Hartmut Jödicke and Klaus Metzger

Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster, Germany

Seismic data indicate that the Cocos plate is subducting sub-horizontally in the fore-arc region of the central Mexico. Seismicity, however, is absent beneath the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB), so that the role of subduction in originating this volcanic arc has not completely agreed upon. Furthermore, although the subducting slab is continuous along the volcanic arc, it has a large gap between Veracruz and the San Andres Tuxtla volcanic field.

Here we present the results of two magnetotelluric profiles crossing the whole subcontinent to the central-southern part of the Mexican subduction system. The resistivity-depth structure of the subsurface provide insight into the processes controlling the magmatism. The western profile crosses the region of flat-subduction as well as the TMVB at the longitude of the active Popocatepetl volcano. The eastern profile crosses the region of a volcanic gap, with a moderate dip of the subducting slab. The MT images of the two profiles were obtained by the simultaneous 2D inversion of the TM and TE mode of the magnetotelluric transfer function.

The model of the western profile shows a low resistivity anomaly in the range of 30-60 Ohm-m until 60 km inland from the coastline, which is interpreted as a site of dehydration reactions

related to the breakdown of zeolite minerals. A much more elongated resistivity anomaly with resistivity values $<20 \text{ Ohm-m}$ is present in the continental crust below the volcanic arc, from about 15 km down to the Moho. Below the volcanic front the anomaly reaches the uppermost 20 km of the mantle. In this area the subducting plate is suggested to bend down, forming a mantle wedge. Pressure and temperature conditions in the depth of the slab seem to be consistent with the breakdown of chlorite with the release of water. Furthermore we propose that the fluids released by this reaction start to produce melting in the mantle wedge, which migrate upward and collect in the lower crust. The layer of partial melt in the lower crust deduced by our MT study matches with the zone of Late Pleistocene to Holocene volcanism at surface.

In the modelled eastern profile low resistivity anomalies related to dehydration reactions of zeolites and chlorite occur closer to the trench. Volcanism in the area crossed by the western profile occurs because the mantle wedge starts in a more inland position and flat subduction delays enough the breakdown of chlorite to meet the thermal conditions for melting of mantle peridotite. By contrast along the eastward profile the higher geothermal gradient of the moderately dipping slab produces dehydration in a more trenchward region, almost at the contact with the base of the continental crust, where the present temperature is insufficient to produce any melting.

GEOF-22

ESTIMACION DE LA ESTRUCTURA INTERNA FAJA VOLCANICA MEXICANA A TRAVÉS DEL COEFICIENTE DE POISSON

Flores Ruiz J.H.¹, Urrutia Fucugauchi J.², Martínez Angeles R.¹, Marines Campos R.¹

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

² Instituto de Geofísica, UNAM

De los datos de velocidades de las ondas P y S reportadas por Gomberg y colaboradores en el área de la Faja Volcánica Mexicana, FVM, se estimó el coeficiente de Poisson para las distintas profundidades donde existía un cambio notable entre las velocidades de las ondas P y S, con la finalidad de inferir la rigidez de la corteza terrestre debajo de la FVM.

Para la profundidad de 10 km el coeficiente de Poisson es 0.12, a 20 km aumenta a 0.19 y a 30 km tiene un valor de 0.36. A 40 km es de 0.38 y a 50 km es de 0.38. El valor promedio de la corteza es de 0.28. Este es un valor semejante al obtenido en el Cratón de Sudáfrica.

De los cálculos obtenido se interpretan, que en los primeros 20 km la corteza es rígida con un valor promedio del coeficiente de 0.15. Para profundidades entre 20 y 50 km, la corteza inferior presenta una zona de baja velocidad en ondas S, asociado a un valor promedio de Poisson de 0.37. Infiriéndose una menor rigidez en la corteza inferior, debido a los fluidos existentes a esas profundidades que podrían relacionarse a la fusión parcial de la corteza inferior la cual esta asociada a la actividad volcánica y alto régimen geotérmico debajo de la FVM. Causado por la expansión térmica resultado del levantamiento de la corteza muy relacionado a una gran actividad volcánica. El flujo de calor se incrementa de 26 mW/m^2 en el sureste de México a 91 mW/m^2 en la FVM.

GEOF-23

ISOSTASIA EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA

Juan García Abdeslem

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

En el norte de Baja California el equilibrio isostático ha sido perturbado temporal y espacialmente como consecuencia de diversos procesos tectónicos, entre los que destacan: La acreción magmática durante la subducción de la placa Farallón, la extensión cortical al cesar la subducción, el actual proceso de rifting en el Golfo de California, acompañada por la incursión de las aguas oceánicas, y por la acumulación continua de sedimentos provenientes de las sierras peninsulares y del Río Colorado.

Se presentan resultados de la fase inicial de un proyecto en curso, que tiene como propósito modelar la flexión de la litósfera, como respuesta a cambios en el balance de masa, con el fin de proponer un modelo de la estructura de la corteza para esta provincia geológica, acotado con datos geológicos e inferencias hechas a partir de la interpretación de los datos geofísicos disponibles.

GEOF-24

ESTUDIO REGIONAL DE LA CORTEZA CONTINENTAL EN LA ZONA TRANSISTMICA DEL SURESTE DE LA REPUBLICA MEXICANA

Flores Ruiz J.H.¹, Sandoval Ochoa J.H.², Marines Campos R.¹,
Martínez Angeles R.¹, Lozada Zamaeta M.M.¹, Hernández
Avila L.¹, Gutiérrez y Acosta J.¹ y Cerón Fernández A.¹

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

² Facultad de Ingeniería, UNAM

Se digitalizaron 6 perfiles gravimétricos de 220 a 550 km de longitud con una razón de muestreo de 5 km en la zona Sureste de la República Mexicana en la región del Istmo de Tehuantepec ubicada entre los paralelos 16 y 20° latitud Norte y entre los meridianos 91° y 97° de longitud Oeste. Se trata de evaluar el área con gravimetría, isostasia, el espesor cortical y la estructura interna bajo el área Transistmica.

Para ello se procesaron 3 perfiles cortos de 300 km aproximadamente de dirección general Norte-Sur, perfiles: Salina Cruz-Tuxtla, Laguna Superior-Coatzacoalcos y Tonalá-Dos Bocas y 3 perfiles largos de unos 500 km aproximadamente; dos de estos perfiles tienen dirección Este-Oeste y están sobre los paralelos 17° y 18° N respectivamente y el tercer perfil largo tiene una dirección NE-SW, que va desde Pijijiapan, Oaxaca hasta el puerto de Champoton, Campeche.

Para estimar el espesor cortical se digitalizó el relieve topográfico a intervalos cada 5 km y se procedió a determinar el espesor cortical en base al modelo isostático de Airy-Heiskanen.

Con el perfil más largo del paralelo 18° N que se ubica en la Planicie Costera del Golfo de México, se calculó una masa de rocas de la cobertura sedimentaria Cenozoica y de su basamento más antiguos alcanza un espesor de 30 km. En el perfil 17° N se calculó un espesor cortical promedio de 36 km excepto donde se ubica el punto del tercio occidental en el subsuelo de la zona baja de los Chimalapas, al pie del flanco norte de la Sierra Atravesada, donde

nace el Río Coatzacoalcos; ahí la corteza conserva un espesor menor a los 30 km, observado bajo el Litoral. Esto es debido a que el perfil 17°N cruza las partes espesas en el extremo occidental a las zonas montañosas de rocas pre-mesozoicas de la Sierra Madre de Oaxaca, en la porción media a la parte noroeste de la Sierra Madre de Chiapas de rocas del batolito pre-mesozoico y en el extremo oriental y al Cinturón plegado de Chiapas de rocas de la Cuenca Mesozoica de Chiapas-Guatemala, y finalmente cruza los pliegues frontales del norte de Chiapas con algunas rocas del Cenozoico, las altitudes promedian 800 m para ésta orografía y unos 50 m para la zona más baja del Istmo de Tehuantepec.

Los otros cuatro perfiles de orientación al norte, acusan una variación cortical de la región de 37 km en el perfil Salinas Cruz-Tuxtla, se adelgaza a 32 km o menos en el perfil Lago Superior-Coatzacoalcos y vuelve a engrosarse hasta los 38 km en el perfil de Tonalá-Dos Bocas. Un espesor cortical semejante o mayor de los 38 km se observa para la mitad suroeste del perfil Pijijiapan-Champotón y con menos de 30 km de espesor hacia el noreste bajo la Llanura Costera de Campeche. Estos mismos cuatro perfiles y el perfil de latitud 18° N presentan en promedio negativo grado, aunque pequeño distinto de cero de compensación isostática, esto sugiere que la zona “no esta compensada isostáticamente” en un 100 % por lo consiguiente es considerada como una zona de gran actividad tectónica ya que existe movimientos verticales de los bloques de corteza con componentes horizontales en la cinemática de tectónica global de la región Transistmica.

La estructura interna se estimó a través de métodos espectrales de análisis del logaritmo de Potencia y estadísticos, por medio de promedios móviles de 3 puntos para atenuar las altas frecuencia y obtener la respuesta asociada a los cuerpos profundos, deduciéndose un modelo regional integrado de 4 capas para el área en estudiada; las profundidades bajo el nivel marino a las interfases entre las capas para los perfiles son: para los perfiles cortos de Salina Cruz-Tuxtla, 31.69, 7.69, 3.68 y 1.87 km, Laguna Superior-Coatzacoalcos 21.31, 9.33, 3.01, 1.27 y Tonalá-Dos Bocas de 30.90, 14.78, 5.50 y 2.68 km y los perfiles largos de paralelo 17°N 47.73, 23.88, 8.86 y 4.61 km., paralelo 18°N 51.89, 17.04, 7.33 y 4.08 km y Pijijiapan-Champotón 37.16, 20.03, 9.15 y 4.45 km.

La síntesis comparativa de los resultados de las evaluaciones gravimétricas con índices del grado de compensación isostática , que se promedia por debajo del cero, sugieren una - bajo compensación isostática general. En términos relativos y regionales el modelado cortical corresponde a un actual levantamiento de las zonas orográficas altas, que sin considerar movimiento epeirogénico alguno, se acompaña con un rezago en ese levantamiento de la Planicie Costera y probablemente también la Plataforma Continental adedaña.

GEOF-25

SECCIÓN CORTICAL DE LA REGIÓN NORTE DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA A PARTIR DE MODELADO GRAVIMÉTRICO, MAGNÉTICO E INTERPRETACIÓN DE SÍSMICA MULTICANAL

Espinosa Cardaña J.M.¹, Hurtado Artunduaga A.D.², González Fernández A.³, Martín Barajas A.³, Suárez Vidal F.³, Guzmán A.E.⁴ y Martínez Sierra, R.⁵

¹ Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Depto. de Geología, CICESE

⁴ Coordinación de Estrategias de Exploración, PEMEX

⁵ Activo Reynosa, PEMEX

Los datos gravimétricos marinos, magnéticos aéreos y de sísmica de reflexión que se presentan cubren un sector de la porción noroeste de la provincia extensional del Golfo de California. La interpretación de recopilaciones recientes de datos geológicos y geofísicos sugieren que en esta región se localiza el frente de la propagación de la oceanización continental y se ha denominado Zona de Transición Wagner.

A diferencia de trabajos previos, la sección cortical propuesta, incluye el escarpe del Golfo y el dominio de Basin-and-Range en Sonora, cruzando por la zona de falla o cuenca Consag, rasgo batimétrico que une a las cuencas Delfín, en el sur, con la cuenca Wagner, al norte.

En apoyo a la interpretación se han elaborado imágenes a color, realizadas con técnicas de filtrado espectral bidimensional, de los mapas de anomalías magnéticas y gravimétricas. El análisis cualitativo de las imágenes obtenidas permite inferir las posibles relaciones estructurales entre las principales fallas de los tres dominios que abarca el área de estudio. Por otra parte, la interpretación 2D, con técnicas de modelado directo e inverso, de los datos gravimétricos y magnéticos a lo largo de una sección sísmica, permite determinar tanto la profundidad del basamento como el espesor cortical. La sección de sísmica multicanal, con una penetración de al menos 5 segundos de tiempo doble, junto con la interpretación magnética, definen la topografía del basamento. La interpretación gravimétrica, cuyas densidades se deducen a partir de las velocidades sísmicas, permite confirmar la interpretación del basamento, así como ofrecer información del espesor cortical a lo largo del perfil. La profundidad de la base de la corteza magnetizada es acotada a partir de la inversión del espectro de densidad de potencia de anomalías magnéticas. Finalmente, discutimos dentro del contexto tectónico regional los resultados obtenidos.

ESTIMACION DE LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL OCCIDENTE DEL GOLFO DE MEXICO

Sandoval Ochoa J.H.¹, Flores Ruiz J.H.², Marines Campos R.²,
Martínez Angeles R.², Lozada Zumaeta M.M.², Hernández
Avila L.², Gutiérrez y Acosta J.² y Cerón Fernández A.²

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

² Instituto Mexicano del Petróleo

El estudio de la estructura interna de la Plataforma Continental del Occidente del Golfo de México, se realizó por medio de 8 perfiles gravimétricos de 200 km de longitud costa afuera (Flores *et al.*, 2000). Infiriéndose dos sectores mayores de corteza continental nueva por denudación hacia el Golfo de México, desde el Mesozoico Medio.

Estos sectores corticales están constituidos de rocas sedimentarias en su mayoría depositadas en cuencas (receptáculos de detritos) generados por bloques fracturados por distensión y colapso, como efecto en México, de la Orogénia Palizada durante las postrimerías del Triásico y principios del Jurásico; los cuales forman sus basamentos pre-mesozoicos.

Estos sectores y otros bloques conforman una corteza continental antigua de ambiente sinrift de pilares y fosas como rocas sustentadoras de las secuencias de nuevos depósitos sedimentarios. Los procesos sedimentarios fueron amplios en el tiempo y en el espacio, progradaron desde las llanuras costeras a las plataformas, alcanzaron a los taludes "continentales" y caracterizaron un panorama regresivo.

Se construyó así, la nueva corteza continental encima de la margen de transición del continente al proto- océano del occidente del Golfo de México. La columna geológica nueva inició con lechos de rocas evaporíticas, carbonatadas profundas y someras aparentemente del Jurásico al Cretácico Medio; rocas pelágicas, hemipelágicas y turbidíticas del Cretácico Medio al Terciario Temprano; le siguen las rocas hemipelágicas y turbiditas arenosas del Terciario Temprano al Mioceno Medio y cierra la secuencia con depósitos de lutitas, hemipelágicos y turbiditas del Mioceno Tardío al Holoceno (Land *et al.*, 1976; Watkins *et al.*, 1977 y Buffler *et al.*, 1978). La tectónica salina y los deslizamientos por gravedad, en la nueva corteza continental no se hicieron esperar para el Terciario.

El primer sector cortical orientado de Norte a Sur (N-S) se extiende adelgazándose desde la Plataforma Continental frente a Matamoros, Tamaulipas (Perfil 1) con espesor de 21 km, hasta la zona submarina frente a Los Tuxtlas (Macizo de San Andrés), en la prolongación del Cañón de Veracruz, en la misma zona de la Plataforma Continental se hace angosta y el Manto se ha aproximado a unos 16 km de profundidad, a manera de una apófisis local elevada.

El segundo sector aunque orientado de Oeste a Este (W-E) a partir de la zona de Los Tuxtlas (Perfil 5), hacia el oriente presenta un engrosamiento de la Corteza Continental Nueva desde 16 km bajo el área submarina frente a Dos Bocas, Tabasco (Perfil 6). Frente a Ciudad del Carmen, Campeche se alcanza un espesor máximo de 26 km, constituida la columna sedimentaria, no diferenciada de depósitos clásticos terrígenos y evaporíticos de 13 km de espesor con otros más de 13 km de espesor de basamento continental antiguo, bajo la columna nueva.

La secuencias geológicas que contienen las plataformas y taludes continentales tanto del Oriente de México como en la zona litoral de Tabasco y sur de Veracruz, presentan condiciones físicas muy distintas a aquellas que exigen los Sistemas Geológico-Petróleos del Norte del Golfo de México. Aunque todos los requisitos naturales de un Sistema como tal se cumplen, estos difieren grandemente en los lapsos del tiempo geológico y en los intervalos del espacio rocoso del depósito, de un sector al otro. Es decir, mientras que en un sector de la plataforma continental tras el Escarpe de Sigsbee dominan los descomunales espesores de depósitos Terciarios en ellos predominan un ambiente de tectónica salina muy activa con grandes componentes de emplazamiento horizontal en una variedad de estructuras asociadas y cuerpos de sal alóctona; toda la estructura individual tiene una distribución lateral muy amplia: la tectónica global ha sido en ese periodo muy quiescente. Por el contrario el sector de la plataforma, talud y la región de las Deformaciones Diapíricas Salinas del suroeste del Golfo de México; los depósitos Terciarios no son tan espesos. La tectónica salina casi en su totalidad es de movimiento vertical con pequeñas componentes laterales, en algunas localidades y asociadas a discontinuidades mayores. Predominan más bien, la tectónica global que para el Neógeno ha sido muy activa con los desplazamientos de los bloques dentro del sector, con un estado de esfuerzos transtensionales izquierdos. Finalmente, en el sector occidental del Golfo, la plataforma, el talud y la pendiente continental, las secuencias de depósitos Terciarios presentan los espesores descritos del NE y SE respectivamente, aunque con el adelgazamiento citado a partir de las zonas frente a Matamoros a Los Tuxtlas. La tectónica global ha prevalecido con la formación orogénica de las Cordilleras Mexicanas submarinas causada por el deslizamiento por gravedad con la caída hacia el Golfo profundo, entrando el Neógeno. La ausencia de sal suficiente ha inhibido a la tectónica salina.

El perfil 8 frente a Progreso, Yucatán se caracteriza por los espesores de la columna carbonatada y quizás con evaporitas sobre el Paleobasamento de la microplaca pre-mesozoica Yucateca aparentemente de condiciones tectónicas más estables que en los dos sectores descritos.

GEOF-27

MODELO DE RECUPERACION SECUNDARIA DEL CAMPO DE AGUA AFRIA, CHICONTEPEC POR MEDIO DE ELEMENTO FINITO

Flores Ruiz J.H.¹, Martínez Angeles R.¹, García Muñoz N.A.¹,
Urrutia Fucugauchi J.² y Sandoval Ochoa J.H.³

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Facultad de Ingeniería, UNAM

El origen del Paleocanal de Chicontepec se presentó afines del Paleoceno y principios del Eoceno, a consecuencia de la erosión por corrientes submarinas de los mismos sedimentos del Paleoceno, Cretácico y Jurásico. Posteriormente el canal fue llenado por sedimentos arcillosos y arenosos en forma alternada, cubriendo un área aproximadamente de 123 km de longitud por 25 km de amplitud, lo que dio lugar a trampas estratigráficas localizadas a profundidades que varían desde 800 m en la porción norte, hasta 2500 m en la zona cercana a Tecolutla con un espesor neto de las formaciones productoras desde 400 m hasta unos pocos centímetros. Debido a las dimensiones de paleocanal, existe una amplia variación

de propiedades de la roca y fluidos del yacimiento, la densidad del aceite fluctúa de 18° en la parte sureste hasta 49° API en la parte norte.

El mecanismo de empuje predominante es por gas en solución.

El campo de Agua Fría, corresponde a una secuencia sedimentaria marina, turbidítica de ambiente nerítico externo y batial depositada en forma de lóbulos y abanicos submarinos de edad Paleoceno-Eoceno Inferior Temprano que en algunos lugares rebasa los 1700 m de espesor.

La roca generadora presenta facies arcillocarbonatadas de Jurásico Superior (Formaciones Santiago, Tamán y Pimienta). La roca almacenadora corresponde areniscas de grano medio a fino con porosidades promedio de 12%.

El modelo de recuperación secundaria por inyección de agua sea hace por medio de métodos variacionales usando Galerkin, en dos dimensiones para flujo en dos fases (mojado y no-mojado), en el medio poroso, tomado en cuenta las fuerzas capilares y gravitacionales.

La sección horizontal de yacimiento tiene unas dimensiones de 250 x 250 x 5 m y un volumen de poro de 3,750 m³. La porosidad es 12% y la permeabilidad absoluta de 2.0 Darcys.

Las $\alpha_c = 800 \text{ Kg/m}^3$, $\alpha_g = 1000 \text{ Kg/m}^3$, $\alpha_o = 4$ centipoises y $\alpha_w = 1$ centipoises son los valores de las densidades y viscosidades del aceite y agua respectivamente.

La simulación en el primer caso es de 12 días con un volumen de poro (1.34 % V.P.) y en el segundo caso es de 150 días (16.06% V.P.) la relación entre los volúmenes de poros es de 1 a 12 veces.

El aceite recuperado para el primer ejemplo es 1629.40 m³ y para el segundo fue de 155645.60 m³ existiendo una relación de recuperación secundaria de 1 a 9.5 respectivamente.

GEOF-28

EL SISTEMA “LITOFAC” DE ANÁLISIS DE REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZO

Fidel Reyes Ramos y Fernando Castrejón Vacío
Yacimientos Naturalmente Fracturados, IMP

Se describe el sistema “Litofrac” de análisis de registros de pozos, el cual es parte del proyecto de “Geometría, origen y predicción de sistema de fracturas en formaciones naturalmente fracturadas en México”.

Este sistema integra las metodologías más utilizadas para analizar registros de pozos. Dentro de un primer grupo se han integrado los métodos más utilizadas en la industria como Litoporosidad, Midplot, Densidad Neutrón y Densidad Sónico. Del segundo, se tiene una secuencia de cálculos que permita al analista ir de un paso a otro con las revisiones pertinentes.

El conjunto de curvas calculadas incluye el cálculo de volumen de arcilla con diferentes métodos, la porosidad mediante el uso de diferentes registros y fórmulas; cálculo de volúmenes para tres, cuatro y cinco minerales que se pueden utilizar para comprender la composición de litologías complejas; cálculo de resistividad verdadera mediante un algoritmo lógico que se desarrolló en el

Instituto; se puede obtener con diferentes métodos el factor de formación; la saturación de agua y el índice de fracturamiento.

Se tiene un módulo que despliega las litofacies o tipologías probables de minerales que se encuentran a lo largo del pozo.

Los datos de entrada y las curvas calculadas se pueden desplegar con flexibilidad puesto que se ofrecen una serie de módulos para indicar la apariencia, color y orden con las que se imprimen. La forma como aparecen se empaquetan en “plantillas” o formatos que el usuario diseña y carga a su conveniencia.

GEOF-29

ESTUDIO DE LA CONVECCION EN FRACTURAS INTERCONECTADAS

Luna Rojero E.¹, Flores Ruiz J.H.¹, Pérez Rosales C.¹, Medina Ovando A.¹, Treviño C.² y Higuera J.F.³

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

² Facultad de Ciencias, UNAM

³ Universidad Politécnica de Madrid

Los yacimientos naturalmente fracturados consisten de una gran cantidad de fracturas las cuales pueden estar interconectadas, parcialmente conectadas y no conectadas. El estudio de la convección es determinante para el tiempo de transporte y movimiento de la concentración de contaminantes transportados desde la fuente generadora a la posición crítica de la biosfera. En este trabajo, se demuestra teórica y experimentalmente que con gradientes geotérmicos de temperatura (30°C por cada mil metros), la convección natural en fracturas inclinadas siempre ocurre.

El experimento se realizó para varios diseños de fractura con un número de Rayleigh, (Ra), igual a 4, similar al caso de un yacimiento petrolífero. La medida del campo de velocidades en la fractura, se realizó utilizando velocimetría por imágenes de partículas (PIV), mediante el uso de una cámara digital y un sistema óptico; para el campo de temperaturas se utiliza una cámara térmica con resolución de .01°C.

La ecuación de la energía en la parte “sólida”, se resuelve utilizando el método integral de elemento frontera y para el fluido en la fractura, las ecuaciones de Navier-Stokes se resuelven con métodos asintóticos y diferencias finitas.

Se predice que las velocidades en las fracturas son de orden , para el caso de aceite en fracturas de .01 cm, la velocidad asociada es 3.4 X 10⁻⁴ cm/seg y para glicerina es 0.4 cm/seg. Se muestra que lo anterior también ocurre en sistemas de dos fracturas inclinadas interconectadas.

Estos estudios, se aplicarán en la evaluación de patrones convectivos generados en sistemas geológicos, con anomalía térmica in situ. Tal es el caso, de los yacimientos naturalmente fracturados, que existen en la mayor parte de la República Mexicana.

GEOF-30

OPTIMIZACIÓN NUMÉRICA DEL MÉTODO INDIRECTO DE ELEMENTOS DE FRONTERA

C. Ortiz Alemán¹, F.J. Sánchez Sesma², A. Gil Zepeda² y F. Luzón Martínez³

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

² Instituto de Ingeniería, UNAM

³ Universidad de Almería, España

Se presentan algunos avances recientemente obtenidos en la optimización numérica del Método Indirecto de Elementos de Frontera (IBEM, por sus siglas en inglés) aplicado al estudio de la propagación de ondas sísmicas en medios tridimensionales. El método está basado en la representación integral del campo de ondas difractadas utilizando fuentes de estrato simple en las fronteras. El método se denomina indirecto debido a que los esfuerzos en las fuentes deben ser evaluados como un paso intermedio. Las condiciones de frontera dan lugar a un sistema de ecuaciones integrales para las fuentes en las superficies (fronteras). La discretización de las fronteras se basa en la rectificación aproximada de las superficies involucradas utilizando elementos circulares. Se reportan avances en la implantación de un algoritmo automático para la discretización de superficies suaves irregulares de forma arbitraria. Las formulaciones del método IBEM dan origen a grandes sistemas de ecuaciones lineales, que pueden ser convertidos en sistemas raros o porosos utilizando criterios de truncamiento que consideran las particularidades del fenómeno físico bajo estudio. La solución de dichos sistemas porosos, en lugar de los sistemas completos originalmente planteados, produce importantes ahorros tanto en el número de operaciones de punto flotante como en el espacio de almacenamiento requerido. Se discuten algunos ejemplos, donde se aplica el método y se ilustran los beneficios de las mejoras reportadas.

GEOF-31

LA IMPORTANCIA DEL BEOWULF EN GEOCIENCIAS

Gerardo Ronquillo J., Roland Martin., Marlene Roman G.,
Dimitri Komatitsch y Manuel Lozada Z.
YNF, IMP

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 Beowulf (Cluster) tanto para procesamiento sísmico, interpretación sísmica, migración a profundidad, base de datos (Oracle Linux), Grafismo (AVS), Compiladores potentes Portland Group, Inc. (PGI) etc. Otro argumento importante reside en un mejor tratamiento de los inmensos volúmenes de datos manejados en Geociencias, principalmente en sismología, prospección petrolera y mecánica de fluidos. Para efectuar cálculos relacionados con modelos geológicos de escalas diferentes tanto en dos y tres dimensiones, se utilizan métodos de diferencias finitas y elementos espectrales en propagación de ondas sísmicas. Por ejemplo si se modela la propagación de ondas elásticas en un dominio físico de $6 \times 6 \times 12 \text{ Km}^3$, con 30 HZ de frecuencia y una velocidad sísmica de 3000 m/

s, la longitud de onda será aproximadamente de 100m y los intervalos de la malla de 7m. En términos de elementos espectrales esto significa 32 a 64 millones de elementos, similarmente para otros métodos. Para superar los requerimientos de calculo masivo, Universidades e Institutos de investigación, así como compañías, están interesados en aplicaciones científicas y comerciales, usando PCs conectadas en red. Se apoyan en comunicaciones de mensajes entre PCs para simular una gran computadora. El argumento principal a favor de este tipo de estructura de PCs en red es claramente su bajo costo, relacionado a su alta fiabilidad y a la impresionante eficiencia obtenida. Es sobre todo cuando uno piensa en los altísimos costos de las supercomputadoras clásicas que fueron muy populares en las instituciones de investigación en la última década, así como el costo alto del mantenimiento. Por tal motivo en el Instituto Mexicano del Petróleo, en el ámbito del Proyecto D.1341 del programa YNF, se elaboro un laboratorio experimental de un sistema integral de procesamiento de memoria distribuida basado en procesadores AMD Athlon 1GHz (20), con aproximadamente 12 Gbytes de memoria, espacio en disco disponible de 480 Gigabytes en IDE, 72 Gigabytes SCSI en el servidor etc. Con la finalidad de orientarse a estándares futuros, se implantaron y optimizaron códigos secuenciales desarrollados en el proyecto antes mencionado, basándose en las librerías MPI de intercambio de mensajes entre nodos (Message Passing Interface) en plataforma Linux. Se experimento inicialmente simulaciones de propagación de ondas en forma seriada y posteriormente en paralelo con MPI. En este trabajo se presentan la secuencia de la elaboración del laboratorio y algunos resultados de los experimentos numéricos efectuados.

GEOF-32 CARTEL

A GRAVITY ANALYSIS OF THE NORTHERN SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MEXICO

Kevin L. Mickus
Southwest Missouri State University

The Sierra Madre Occidental (SMO) of northwestern Mexico is an extensive Cenozoic volcanic field that contains several kilometers of volcanic flows and ignimbrites. The underlying crustal structure and possible information about unknown sources is unknown due to the lack of geophysical studies especially seismic investigations. To obtain first-order information on upper crust to upper mantle structural variations, a gravity study using all readily available data was performed. This study included the construction of simple Bouguer, isostatic residual, band-passed filtered and edge enhancement gravity anomaly maps in order to separate near surface density variations from deeper sources and to determine the regional crustal structure. The simple Bouguer and isostatic residual gravity anomaly maps indicate that a regional gravity minimum of less than -200 mGals roughly outlines the extent of the exposed volcanic field. To obtain a better idea of the source of this gravity minimum, a two-dimensional gravity model was constructed perpendicular to the SMO. This model indicates that the broad gravity minimum is caused by a combination of the thick volcanic layers, a mid-crustal batholith and a thickened crust. While this model is not unique and needs detailed seismic detail to confirm it, this model agrees with other regional gravity models of large volcanic fields such as the Datil and San Juan volcanic fields in the United States.

GEOF-33 CARTEL

ELECTROSTATIC FIELD VARIATIONS IN THE LOWER IONOSPHERE DUE TO THE CHANGE OF NEAR-EARTH ATMOSPHERE CONDUCTIVITY

V. Grimalsky¹, S. Koshevaya², R. Perez-Enriquez³ and A. Kotsarenko³

¹National Institute for Astrophysics, Optics, and Electronics

²CIICAp, Autonomous University of Morelos

³UNICIT, Institute of Geophysics, UNAM

The penetration of perturbations of electrostatic field into the ionosphere from near-Earth atmosphere perturbations is analyzed. The electrostatic problem for the electric potential ϕ for the medium with three-dimensional spatial and temporal inhomogeneous anisotropic near-Earth conductivity $\sigma(x,y,z,t) = \sigma_0(z) + \Delta\sigma(x,y,z,t)$ is solved numerically:

$$\text{div}(\sigma(x, y, z, t) \cdot \nabla \phi) + \epsilon_0 \cdot \partial(\Delta\phi)/\partial t = 0.$$

In the ionosphere ($z > 50$ km), anisotropic conductivity depends only on a vertical coordinate z . The difference of electric potentials between the Earth's surface and upper ionosphere (200 kV between $z = 0$ and 300 km; fair weather field) is taken into account. The effective upper boundary condition (at $z \sim 150$ km) for the potential is derived. The iterative method with an operator factorization is used for numerical solving the equation. It is shown that the bell-like increase of near-Earth conductivity $Ds(x, y, z, t) = Ds_0(t) \times \exp(-(x^2 + y^2)/r_0^2 - (z/z_0)^2)$ with the spatial scales $z_0 \sim 10$ km, $r_0 \sim 50$ km, and $Ds_{0 \max} = 2.5 \cdot 10^{-12}$ Sm/m, leads to the essential growth of electric field within the D- and lower E- layers of the ionosphere up till 3-5 times. The temporal variations of conductivity are accompanied also by perturbations of magnetic field. Such perturbations of conductivity can be due to aerosol release within several days before strong earthquakes. The pointed above phenomenon can be used as a possible precursor of earthquakes.

GEOF-34 CARTEL

ESTUDIO GEOELECTRICO POR TOMOGRAFÍA 2D EN EL B° CERROS COLORADOS, SAN LUIS, ARGENTINA

Aguilera H., A. Giaccardi, H. Ulacco y C. Gardini
Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina

El Barrio Cerros Colorados, situado en la localidad de Juana Koslay, se encuentra ubicado en un ambiente geológico de cuenca intermontana, caracterizado por la presencia de rocas de basamento ígneo-metamórfico y conglomerados, areniscas y arcilitas de edad terciaria.

Las condiciones primigenias del medio han sido afectadas de distinta manera por las obras civiles de acondicionamiento y construcción, tal el caso del desmonte y modificación topográfica, que han alterado significativamente las condiciones de drenaje natural, lo cual se ve reflejado en la degradación de las calles y veredas después de cada precipitación pluvial. A pocos días de su terminación, se comenzó a notar asentamiento diferencial con agrietamiento en las paredes y plateas de las viviendas, rápida inutilización de los pozos sépticos y ascenso del nivel freático.

Un estudio mediante SIG reveló que en el área existió una red de drenaje temporaria, de tipo efímero, cuyo efecto erosivo sobre el terreno habría labrado un sistema de cárcavas muy pronunciadas. Para situar con precisión la traza de sus ejes y el grado de modificación antrópica alcanzada, se consideró que la metodología de exploración del subsuelo por Tomografía Eléctrica 2D, era la más apropiada. Esta técnica permitió obtener distintas pseudosecciones verticales del terreno y vincularlo con las características laterales y verticales de los sedimentos.

Las pseudosecciones eléctricas se situaron en forma transversal al eje de los principales cauces establecidos mediante SIG. En cada una de ellos se define con claridad el perfil de las cárcavas, existiendo un elevado contraste resistivo entre el material de relleno y el suelo original.

Para el caso de los sectores donde se produjeron los mayores deterioros de las viviendas, se pudo establecer que las mismas habrían sido edificadas sobre un sistema de cárcavas con un ancho variable entre 6 a 10 metros y una profundidad estimada de 4 metros, cuyo material de relleno no habría sido compactado adecuadamente.

Los datos aportados por las tomografías eléctricas han permitido concluir, que las obras civiles de acondicionamiento realizadas durante la construcción del barrio, no tuvieron en cuenta las medidas de contingencia necesarias para evitar o atenuar los efectos negativos que esta modificación del paisaje produjo sobre el asentamiento urbano.

GEOF-35 CARTEL

GEOMETRY OF THE EL FRESNAL BASIN, NORTHERN CHIHUAHUA, MEXICO, AS INFERRED FROM THREE-DIMENSIONAL GRAVITY MODELING

Bandy W.L., J. Ortega Ramirez, J.M. Maillol and A. Valiente Banuet

Instituto de Geofísica, UNAM

Instituto de Ecología, UNAM

Dept. of Geology and Geophysics, University of Calgary

In 1998, a multidisciplinary study of the El Fresnal basin, Chihuahua, Mexico was initiated to determine the relationship between the structure, vegetation and geomorphology of the basin and Quaternary paleoenvironment. As part of this study, 221 new gravity measurements were collected within the basin and combined with 506 pre-existing measurements from the surrounding area to determine the basin geometry and the depth of the sediment infill. A basement-depth model calculated from these data indicates that the El Fresnal Basin consists of two sub-basins separated by a basement high, which is presently buried by about 500 meters of sediments. The southern sub-basin, which lacks an axial playa lake, extends for 20 km in a N21°W direction and contains 800 meters of sediments. The geometry of the sub-basin is suggestive of a half-graben with the major normal fault located to the west. The northern sub-basin, within which lies the playa lake Laguna El Fresnal, extends for 20 km in a N10°E direction and contains 1500 meters of sediments. Like the southern sub-basin, its geometry is suggestive of a half-graben; however, unlike the southern sub-basin, the major normal fault is located to the east. The orientations of two sub-basins suggest that the southern sub-basin formed first, during the late Oligocene to early Miocene, followed by the formation of

the northern sub-basin sometime after the early Miocene when the orientation of the tensional stresses changed from WNW-ESE to E-W. Since the playa lake is now confined to the northern sub-basin, it appears that subsidence is presently occurring only in the northern sub-basin.

GEOF-36 CARTEL

LA TRANSFORMACION DE EULER EN LA PROSPECCION ARQUEOLOGICA

Edgar Angeles Cordero¹, Rene E. Chavez Sagura² y Andres Tejero Andrade¹

¹ Facultad de Ingenieria, UNAM

² Instituto de Geofisica, UNAM

La magnetometria es uno de los metodos geofisicos que auxilian a la Prospeccion Arqueologica en la deteccion de estructuras magneticas asociadas a restos arqueologicos, que por lo general presentan una magnetizacion compleja debido a su origen antropogenico y no de origen natural, lo cual dificulta su interpretacion por tecnicas que dependan fuertemente de la magnetizacion. De esto surge la necesidad de una tecnica de interpretacion que no dependa de la magnetizacion, una de estas tecnicas es la Deconvolucion de Euler, cuyo parametro de discriminacion "El indice estructural" nos permite visualizar distintos modelos de solucion, esto es mapas de distribucion de soluciones de la ecuacion de homogenidad de Euler. Asi que la solucion no dependera de la magnetizacion si no solo de la geometria de la fuente magnetica, que para los objetivos arqueologicos representa una gran ventaja y rapidez para una interpretacion preliminar del objeto buscado, y al no depender prioritariamente de la magnetizacion es posible aplicar esta tecnica en datos magneticos muy ruidosos.

Se aplico esta tecnica en dos estudios arqueologicos: En la deteccion de hornos de ceramica romanos (La Maja, Esp.) cuya naturaleza magnetica es muy compleja por la magnetizacion termoremanente de los restos de ceramica esparcidos en el area de estudio. Y en la deteccion de cavidades en Teotihuacan (Edo. de Mex.) donde esta tecnica es aplicada en un medio con extremo ruido magnetico.

Se presentan mapas de anomalia, sus soluciones por Transformacion de Euler y su correlacion con otras interpretaciones de otras tecnicas, como software's comerciales y levantamientos de Tomografia electrica.

GEOF-37 CARTEL

MODELADO DIRECTO DE SISMOGRAMA SINTETICO DE INCIDENCIA NORMAL USANDO LA ECUACIÓN DE PERTURBACIÓN DE LIPPMANN-SCHWINGE, Y SU APLICACIÓN

Juan Espinosa Luna y Rodolfo Almanza Mosqueda
Instituto Mexicano del Petroleo
Ingenieria de Yacimientos, Cd del Carmen

El modelado directo sísmico esta basado en la solución de la ecuación de onda. Que puede ser solucionada aplicando métodos analíticos, teoría de rayos y métodos directos. Todos los métodos directos tienen en general que la solución numérica es calculada

para una particular función de la fuente, luego si conocemos la función de Green del medio, la respuesta sísmica puede ser calculada por una simple convolución con la función de la fuente.

Luego así los simogramas pueden ser representados por una convolucion de la fuente con la función de Green asociada a el medio. Luego calculado la función de Green de la respuesta sísmica para diferentes fuentes se pueden obtener repitiendo todo el procedimiento numérico.

Expresiones analíticas de la función de Green existen solo en situaciones sencillas, Johnson (1974) calcula la función de Green por el problema de Lamb's en un punto de la fuente en un medio 3D de un espacio elástico por el método de Cagniard-de Hoop. Franssens (1983) calcula la función de Green en un medio isotópico de 2D con capas paralelas donde la solución esta dada por una inversa integral de Fourier en el dominio del numero de onda. Luco y Apsel (1983) y Apsel y Luco (1983) tienen la respuesta completa de un medio estratificado en el dominio del a frecuencia 3D mediante integrales de Hankel sobre el numero de onda, las integrales son calculadas iterativamente para cada numero de onda y cada frecuencia.

Nosotros presentamos un método para la determinación de la función de Green en un medio heterogéneo basado el el trabajo de Freter., 1995, mismo que esta basado en la solución numérica de la ecuación de perturbación de Lippmann-Schwinger. Esta ecuación Integral es derivada para un medio heterogéneo donde la velocidad en cada capa es constante, Se soluciona utilizando algunas propiedades de simetría de la función de Green. Dado que el método esta formulado en el dominio de la frecuencia se presenta una forma fácil y elegante de la implementacion del mecanismo d atenuación, el cual depende solo de la velocidad de perturbación.

Se presentan los resultados de varios modelos sintéticos estratificados.

GEOF-38 CARTEL

SEDIMENTARY COVER OF THE VALLE DE SANTIAGO MAARES: GEOPHYSICAL STUDY

Vsevolod V. Yutsis^{1,2}, Jorge A. Arzate Flores², Peter E. Schaaf³ and H. Bohnel²

¹ Moscow State University, Russia

² Unidad en Ciencias de la Tierra, UNAM

³ Instituto de Geofisica, UNAM

There are seven recent volcanic structures of the maar type are located in the Valle de Santiago area. The complex of geophysical methods included micro gravimetric, magnetometric, vertical electric sounding; AMT-sounding and seismic refraction profiling investigated two of them. The purpose of studies consisted in the researching of structure and distribution of thickness of recent sediments of lake origin, which overlap in the internal parts of the craters the volcanic basement represented by basalts and tuffs. In the present work in the brief form the results of the complex interpretation of these data are represented. Were studied structures of San Nikolas and Sintora maares. The first is found approximately in 12 km to the West from the Valle de Santiago city (20°23.27'N and 101°15.22'W), and the second is located to the southwest from it (20°21.23'N and 101°12.35'W). Both craters have annular form. Exceeding the most elevated external sections of the structures above the internal basins is approximately 100-150 meters. The

central position in each basin occupies lakes with the depth not of more than 1-1.2 meters. According to geophysical data it is possible sufficiently confidently to separate the sedimentary cover from the volcanic rock of base. Thus, for instance, velocities of the transverse seismic waves change sharply from 400-800 m/s in the near the surface (upper) part of section to 2000-2700 m/s in acoustic basement. Density of unconsolidated sediments does not exceed 1.8 g/cm³, while the density of their underlying basalts composes 2.5 g/cm³. The difference of rock densities and heights of the points of measurements results the difference of the anomalous gravity field value along the distinct profiles in the range of 7-10 mGal. It was shown that the other physical characteristics of the sediments and underlying hard rocks like as electric resistance, magnetic susceptibility etc. is different too. On the basis of the complex analysis of geophysical data authors contoured the sedimentary basins, located in the center of each of the craters mentioned above. It was established that they have asymmetric form; moreover the points of their maximal thickness are displaced to the side of the highest and abrupt edges of structures. The thickness of sediments is from several meters on the periphery of craters to 30 meters even more in its center parts.

GEOF-39 CARTEL

GEOMETRIA DE LA CUENCA DE LA BAHIA DE ENSENADA MEDIANTE INVERSION CONJUNTA DE DATOS DE GRAVIMETRIA Y MAGNETOMETRIA

L.A. Gallardo, M.A. Pérez, E. Gómez-Treviño y A. González
 Depto. Geofísica Aplicada, CICESE
 Ensenada, B.C., México

El estudio de la cuenca de la bahía de Ensenada presenta, por un lado, un interés económico en relación con el acuífero que sostiene la zona agrícola del valle de Maneadero, y por el otro, un interés científico en relación con estructuras tectónicas como la falla de Agua Blanca. Debido al comportamiento suave del relieve del relleno sedimentario, la expresión de estructuras profundas en superficie y piso marino es muy pobre, siendo necesario recurrir a métodos geofísicos para su estudio. Se recopiló información de levantamientos aéreos, terrestres y marinos realizados en diferentes épocas por diferentes autores y con diferentes propósitos. Nuestro trabajo consistió en recopilarlos, digitalizarlos, reajustar correcciones en algunos casos y realizar la inversión. El modelo empleado para la inversión consiste de un conjunto de prismas que aglomerados forman la topografía superior e inferior de un cuerpo tridimensional (relleno sedimentario) en el subsuelo. Para resolver la inversión empleamos un algoritmo de programación cuadrática que nos permite ponerle condiciones de igualdad o desigualdad a las variables, permitiendo calcular por inversión no lineal las profundidades de los prismas, el contraste de magnetización (vectorial) y el contraste de densidad como función polinomial de la profundidad. Además permite incorporar de manera conjunta datos de gravedad y magnetismo terrestres, marinos y aéreos, conservando su altura original. Para efectuar la inversión se restó el efecto del mar, aislando la influencia de los sedimentos cuaternarios y del basamento subyacente, el cual consiste de rocas volcánicas de la formación Alisitos e intrusivos graníticos del Cretáceo. Pequeñas diferencias en los ajustes logrados a los datos revelan una ligera variación en la densidad de ambos grupos de rocas del basamento y una mayor diferencia en cuanto a magnetización. En general se logra un buen ajuste que revela detalles de la estructura de la cuenca, de la Isla de Todos Santos y del Valle de Maneadero.

GEOF-40 CARTEL

ACONDICIONADOR DIGITAL DE CAMPOS ELÉCTRICOS PARA UN SISTEMA DE REGISTRO MAGNETOTELÚRICO DE PERÍODO LARGO

Jesús Brassea Ochoa
 Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE.

Con la intención de tener un equipo que permita realizar sondeos magnetotelúricos de período largo, en los últimos años hemos trabajado en la construcción y prueba de un sistema portátil para el registro del campo geoelectromagnético en la banda de 100 a 100,000 s (0.00001 a 0.01 Hz).

El sistema se ha formado con un magnetómetro fluxgate de 3 componentes (SCINTREX FM-100B), un Acondicionador Analógico de Campos Eléctricos de dos canales (AACE) con respuesta Pasa-Banda con frecuencias de corte de 10^{-5} Hz y 10^{-2} Hz respectivamente (CICESE) y un sistema de adquisición de datos de 5 canales, 16 bits (DATATAKER DT-50). El AACE requiere de componentes electrónicos con impedancias mayores a 10^9 ohms, componentes cuyo funcionamiento son muy sensibles a los cambios de humedad del medio ambiente donde trabajan. En este trabajo presentamos el diseño, la construcción y prueba de un prototipo de Acondicionador Digital de Campos Eléctricos (ADCE) que no utiliza componentes de tan alta impedancia y que una de sus ventajas es no ser tan sensible a los cambios de humedad como el AACE.

Reunión Anual 2001

Sesión

Geohidrología

Viernes 9

SALA A

GEOH-01

IMPLICACIONES DE LA GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN EL SISTEMA ACUÍFERO DEL VALLE MORELIA-QUERÉNDARO, MICHOACÁN

Silva Corona J. Jesús y Steinich Birgit
Instituto de Geofísica, UNICIT, UNAM
Campus Juriquilla, Qro.

El valle Morelia-Queréndaro se localiza en la porción noreste del estado de Michoacán y queda comprendido dentro de la cuenca del Lago de Cuitzeo. Forma parte de una serie de sistemas lacustres localizados en el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano que son producto de la evolución tectónica y magmática intra-arco relacionada a la subducción de la Placa del Pacífico en la de Norteamérica. La región se encuentra afectada por sistemas de fallas con dirección E-W y NE-SW que dieron origen al valle donde se aloja el sistema acuífero. Están presentes ignimbritas brechas y tobas de composición riolítica que datan desde el Mioceno Inferior y depósitos lacustres y de aluvión del Cuaternario Reciente.

Los resultados que se presentan en este trabajo están apoyados tanto en estudios geológicos, hidrogeológicos y geofísicos que se han realizado previamente cubriendo distintas zonas del valle, como en los datos obtenidos durante una campaña de campo realizada en julio del 2001 en la que se tomaron datos físico-químicos de agua subterránea en 50 aprovechamientos de agua potable y riego distribuidos uniformemente en toda el área de estudio.

Los parámetros de campo medidos muestran un amplio rango de variabilidad con conductividades que están entre 126.6 y 2540 μS y temperaturas que van de 20.2 a 67.8°C, entre otras.

Se propone una subdivisión del sistema acuífero describiendo por un lado la zona de recarga en los bordes del valle y la zona de interconexión hidráulica entre el acuífero y el lago. Por el otro lado se identificaron dos zonas con diferentes tipos de agua. En la parte este-noreste se tienen manifestaciones claras de termalismo que prácticamente está ausente en la parte oeste-sudoeste.

La comparación entre la posición de las anomalías en los parámetros observados y la localización de las fallas geológicas implica una estrecha correlación entre la geología estructural y las propiedades del sistema acuífero como son la geometría y el régimen de flujo subterráneo. La tectónica de la región propicia el movimiento de aguas termales hacia el acuífero que a su vez resulta en zonas de mezcla de agua con calidades muy contrastantes.

GEOH-02

LA TECTÓNICA Y LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL VALLE DE PUEBLA

Gabriel Jiménez Suárez¹, Leticia Flores Márquez², Rene Chavez² S. Jaime Garfias² y J. Oscar Campos Enríquez²

¹ Facultad de Ingeniería, Benémérita Universidad Autónoma de Puebla

² Instituto de Geofísica, UNAM

A partir de 1980 se ha observado que el acuífero superior del Valle de Puebla que contiene agua dulce de reciente infiltración con un contenido de sólidos totales disueltos menor a 1000 mg/lit, ha experimentado un proceso de degradación de la calidad del agua,

por la ascensión de agua termal sulfurosa con un contenido de sólidos totales disueltos de 2300 mg/lit que proviene de un acuífero confinado situado aproximadamente a 200 m de profundidad.

Esto sucede principalmente en la ciudad de Puebla, particularmente en un área de aproximadamente 60 km² que se localiza dentro de la fosa tectónica Atlixco-Puebla, dicha fosa se inicia en las cercanías de la ciudad de Atlixco pasa abajo de la ciudad de Puebla y se dirige hacia el centro del volcán la Malinche.

Análisis químicos efectuados a muestras de 36 pozos localizados en la ciudad de Puebla indican un incremento en el valor medio en el contenido de sulfuros de los 36 pozos como a continuación se indica:

Año 1990 4.69 mg/lit; año 1992 6.287 mg/lit; año 1993; 8.11 mg/lit. El aumento de la concentración de sulfuros esta ligado al abatimiento del nivel piezométrico en el acuífero superior. A la fecha se han clausurado 6 pozos por la alta concentración de sulfuros, y 3 más que nunca funcionaron debido a que resultaron productores de agua termal sulfurosa y que presentaron fuerte artesianismo.

Se ha observado que los pozos que alumbran agua termal sulfurosa y que presentan un fuerte artesianismo se ubican en la fosa tectónica Atlixco-Puebla, se plantea la hipótesis de que la fosa tectónica tiene contacto con la cámara magmática del gran volcán, de ahí el flujo de calor y el origen del sulfuro de hidrogeno. Esta hipótesis se fortalece debido a que pozos a menos de 500 m de distancia de pozos productores de agua sulfurosa, pero, fuera de la fosa Atlixco-Puebla no resultan productores de agua sulfurosa.

GEOH-03

HIDROGEOQUÍMICA ISOTÓPICA Y TERRENOS TECTONOESTRATIGRÁFICOS DEL MESOZOICO DEL EDO. DE ZACATECAS

Jesús Nájera-Garza, José de Jesús Parga-Pérez y José Gumaro Ortiz-Valdez

Unidad Académica de Ingeniería de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad Autónoma de Zacatecas

Esta investigación hidrogeológica e hidrogeoquímica, con isótopos estables o ambientales, que está en su proceso inicial de realización, con la finalidad de verificar las relaciones tectónicas, entre las diversas unidades litológicas presentes en la región; con el propósito de estimar las dimensiones espaciales de las posibles cuencas hidrogeológicas regionales, producidas por los diversos eventos tectónicos regionales y continentales, que han conformado las estructuras geológicas actuales; así como determinar las áreas y volúmenes de recarga, tiempo de transporte y residencia del agua subterránea, en los probables acuíferos, en las rocas calizas y clásticas de la región; para su utilización racional y sostenible, en el desarrollo regional humano, y de todos los ecosistemas naturales.

Este trabajo se considera de interés geológico-minero e hidrogeológico regional, y tal vez hasta petrolero, por su trascendencia, que podría tener en el futuro, en el enfoque de las exploraciones, con fines socio-económicos; que impactaría, 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 Esquisto 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.

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 Planta de la Calera”, el 31 de Marzo, 2001, se constataron los afloramientos de las Fms. Nazas filitizada con intemperismo acicular (“pencil-like”), del Triásico, y las jurásicas Zuloaga, La Caja, y las suprayacentes del Cretácico inferior y superior : Cuesta del Cura, Indidura y Caracol; las rocas jurásicas 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” (= espilita o propilita)?}.

Lo más importante fue localizar a la (Ki-Valanginiano, Fm. Chilitos?) “Roca Verde”, espilita o propilita, bajo (¿intrusionando?), a la Fm. Nazas del Triásico; visible muy intemperizada, 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 la Fm. Nazas; lo que induciría a deducir que el denominado “Terreno Guerrero”, 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.

Esta secuencia metasedimentaria ha sido correlacionada con el Esquisto Caopas (Fries y Rincón-Orta, 1965), y la Fm. Rodeo (Tristán y Torres, 1992) del N del Edo. de Zacatecas; 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 a las rocas jurásicas y cretácicas que le sobreyacen, 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, de calizas, en estratos delgados y medianos, con capas de lutitas parcialmente filitizadas y esquistosas, aparece sobre la Fm. Ballena-con amonoides del

Triásico. En el área de la Mina Real de Ángeles, Mpio. de Villa 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).

Por lo antes expuesto, se considera que estas hipótesis tendrían AMPLIA INFLUENCIA, en la exploración geológico-minera e hidrogeológica regional (agua subterránea disponible, en cantidad y calidad), y quizá petrolera, para el desarrollo social y económico, en toda la región semidesértica, de esta parte del País; si al término de toda esta investigación interdisciplinaria, se concluyera con un conocimiento con utilización práctica real, aplicable en cualquier área similar del territorio nacional.

GEOH-04

HYDROGEOCHEMICAL EXPLORATION IN A YAQUI VALLEY SITE: A SALINITY CHARACTERIZATION STUDY

Rodrigo González Enriquez, Luis E. Marín Stillman and
Armando G. Canales Elorduy
Instituto Tecnológico de Sonora

A monitoring water well was drilled in order perform a hydrogeology analysis of this valley, with the content of dissolved minerals in the groundwater. This can contribute to the optimum location and good design of wells for agricultural exploitation and for drinking water supply, since principle of the problem begins with the salinization of wells located in areas that, before 1970, contained freshwater and progressively have reached salinity above 2,000 ppm of total dissolved solids, which is intolerable for human consumption and agricultural irrigation.

By a continuous hydrogeochemical sampling of the water-soil matrix, from the surface to a 40 m depth, a variation in the salinity vertical profile was observed, prevailing those ions that conform the analyzed stratum. Hence, confirming the hypothesis that relates clays with the salinity of water, since the well profile, with high saline content, corresponds to clay rich strata.

It was concluded, from this study, that the clays are the main responsible for the salinity of the groundwater in this area of the Yaqui Valley, without discarding that an influence also exists by solutes transported from the surface, due to the vertical recharge exercised by irrigation and fertilization, among other agricultural practices in the valley. This is confirmed by the nitrates concentration behavior in the vertical profile of the well, where a concentration in the order of 75 mg/l de nitrate ion was reached at a depth of 20 to 25 m.

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA UTILIZANDO “LEEGRAM” EN LAS INMEDIACIONES DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRO PRIETO, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Edgardo Tejada Bautista y Rogelio Vázquez González
CICESE

El campo geotérmico de Cerro Prieto (CGCP), se encuentra ubicado en la porción centro occidental del valle de Mexicali y cubre una extensión de 70 km² aproximadamente. Para el desarrollo de este trabajo, se cuenta con datos de análisis fisicoquímicos de muestras de agua de pozos que integran una red de monitoreo sistemático en las inmediaciones del CGCP propuesta por Vázquez-González y otros en 1998, cubriendo un área aproximada de 992.0 km², delimitados geográficamente por las coordenadas UTM 3°57'3"000 a 3°60'5"000 en dirección norte y 654°0'000 a 685°0'000 en dirección este. Dicha red está basada en tres criterios fundamentales que son: 1) distribución espacial, 2) factibilidad de mediciones y 3) disponibilidad de registros históricos. Está conformada por 30 pozos (tanto agrícolas como de observación) cuyas muestras de agua fueron analizadas en el Departamento de Química y Ambiental de la Residencia de Estudios en el CGCP, obteniendo la concentración en partes por millón (ppm) de CO₃, HCO₃, Na, K, Ca, Sr, B, Li, Mn, Cl, Mg, SO₄, SiO₂, así como sólidos totales disueltos (STD), pH, conductividad y temperatura.

Una de las representaciones gráficas más comúnmente utilizada para analizar y caracterizar químicamente al agua subterránea son los diagramas de Stiff; en éstos se toman semirectas paralelas cortadas al centro por una normal, formándose así 4 semirectas a la derecha (aniones) y 4 a la izquierda (cationes); cada recta representa la parte proporcional de este ión con respecto al total de miliequivalentes por litro (meq/l) y se unen los extremos dando un polígono. Se representa un análisis por polígono y permite conocer la variación hidrogeoquímica de forma espacial. Esta representación gráfica presenta dificultades al manejar concentraciones muy contrastantes pues ello obliga a utilizar distintas escalas para analizar los datos en forma conjunta. Esta situación es común en zonas con manifestaciones hidrotermales interactuando con el agua de acuíferos someros, como en el caso de Cerro Prieto, donde fue necesario considerar dos escalas, una de 0 a 50 meq/l, en la que se incluyen todos los pozos agrícolas y otra de 0 a 300 meq/l, en la que se consideran los pozos con influencia hidrotermal alrededor del CGCP.

En base a estos antecedentes se utilizó un esquema de reciente aparición en la literatura geohidrológica denominado “LEEGRAM”, que es un programa en lenguaje Fortran desarrollado por Tien-Chang Lee en 1998, para reconocimiento de patrones hidroquímicos y cuantificación de grupos de masas de agua subterránea donde la variabilidad en el contenido de STD es muy alta. Introduce un nuevo medio de representación gráfica para los diagramas de Stiff pues los normaliza y hace uso de anillos y arcos concéntricos para denotar la concentración de STD, además diagnostica la calidad de los datos y del análisis químico (Tien-Chang, 1998). Para mostrar su aplicación a un caso real, se presentan y comentan los diagramas obtenidos con el programa de los datos en algunos pozos de esta red de monitoreo. Finalmente se discute la utilidad de esta nueva técnica para caracterizar hidrogeoquímicamente las aguas subterráneas.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS EN LA ATENUACION DE CONTAMINANTES EN EL SISTEMA ACUIFERO DE LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA

Belmonte-Jiménez S., Aragón-Sulik M., Bautista-Belmonte A.,
Navarro-Mendoza S. y Herrera-Barrientos J.
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo
Integral Regional, OAXACA, IPN

Aun cuando los métodos de vulnerabilidad intentan precisar la estandarización en la valoración de este concepto no medible físicamente, cada uno utiliza sus propios parámetros para definir el nivel de vulnerabilidad para un acuífero, lo que genera cierto grado de subjetividad en cuanto a la interpretación de resultados, por lo que se considera indispensable complementar dicho estudio con un análisis de sensibilidad, con el fin de evaluar la influencia individual que cada parámetro hidrogeológico tiene en la atenuación de los contaminantes.

El análisis se aplicó al sistema acuífero de los Valles Centrales de Oaxaca el cual tiene una importancia relevante para la Ciudad de Oaxaca y sus zonas conurbadas, puesto que proporciona un 70% del agua que se consume en esta zona.

Este acuífero principalmente granular, se encuentra limitado por fronteras de materiales carbonatados, cataclasitas, lutitas y areniscas, así como gneiss levemente fracturado, con niveles estáticos relativamente someros y debido a que los escurrimientos superficiales presentan una fuerte carga contaminante, se considero necesario valorar la vulnerabilidad del sistema a la contaminación por aguas residuales.

Una vez definidas las propiedades hidrogeológicas con técnicas de geofísica, geología, química e hidrología, se aplicaron los métodos de vulnerabilidad estandarizados DRASTIC, AVI y GOD para precisar la susceptibilidad a la contaminación superficial. Los productos obtenidos con estos métodos generaron zonas de vulnerabilidad de media a alta.

En el caso del DRASTIC, se obtuvieron índices de vulnerabilidad altos mayores de 100, donde los principales parámetros hidrogeológicos que influyen son los niveles estáticos, la pendiente del acuífero y el impacto en la zona vadosa, mientras que para el método AVI, el parámetro de mayor peso es la profundidad al nivel estático, que fluctúa de 2-8 m.

El análisis de sensibilidad se aplicó a celdas discretas utilizando el concepto de condición única por área, empleando las expresiones propuestas por Lodwik, así también se determinó el índice de variación en forma espacial. Los resultados generados muestran que la profundidad al nivel freático es el parámetro que mayor influye en los índices de vulnerabilidad para esta zona, seguido por el impacto en la zona vadosa, así también, el tipo de suelo tiene un índice mas disperso en el espacio. Los resultados obtenidos con este análisis disminuyen la incertidumbre en cuanto al concepto y sirve de apoyo en la determinación de la vulnerabilidad de un acuífero.

GEOH-07

APLICACIÓN DEL MÉTODO ERIS Y SU VALIDACIÓN A TRAVÉS DE LA CALIDAD DEL AGUA. CASO DE ESTUDIO

Navarro-Mendoza S., Bautista- Belmonte A., Belmonte-Jiménez S. y Aragón-Sulik M.
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca

Actualmente en el valle de Oaxaca se han tenido indicios que las zonas donde consideraban seguras y con buenas condiciones acuíferas para su aprovechamiento como son las márgenes del río Atoyac, ahora ya no los son tanto, principalmente por las continuas descargas de aguas residuales, la falta de tratamiento de las mismas, el crecimiento anárquico de la mancha urbana y el propio agotamiento del sistema acuífero por la invasión y cambio en el uso de suelo en las zonas de recarga. Para estimar los indicios mencionados e identificar el riesgo potencial del acuífero en actual aprovechamiento y con base a los parámetros geohidrológicos del mismo en un tramo aproximado de nueve kilómetros se aplicó el método ERIS el cual se clasifica dentro de los métodos Experto de Cálculo de Riesgo (ERC), con el cual en la primera etapa se identificaron tres zonas con diferentes niveles de riesgo con valores de: 1-4, 5-9, 10-15; cualificados como mínimo, medio y alto riesgo respectivamente. Este último se presenta en donde confluyen los ríos Atoyac y Salado.

La importancia que adquiere el río Atoyac respecto al acuífero y los resultados de C.E., Fenoles, Sustancias Activas al Azul de Metileno, Cr., Pb y Cd. llevó a una segunda etapa en la que se realizaron dos muestreos, tanto en pozos como en puntos ubicados sobre el lecho del río considerando la etapa de estiaje y lluvia.

Al analizar las pruebas de calidad de agua determinadas en el laboratorio se confirma la existencia de las zonas de riesgo identificadas por medio del método ERIS, con lo cual en nuestro caso, con dichas pruebas se le da validación a la método utilizado.

GEOH-08

DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA Y FLUJO SUBTERRÁNEO DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE ZAACHILA, COMO BASE PARA EL MANEJO DEL RECURSO

Bautista-Belmonte A.¹, Belmonte-Jiménez S.I.^{1,2}, Aragón-Sulik M.¹, Navarro-Mendoza S.

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

² Instituto de Geofísica, UNAM

El valle de Zaachila se localiza al sur de la ciudad de Oaxaca de Juárez teniendo un área aproximada de 380 km². Las comunidades que se asientan sobre este valle dependen en su gran mayoría del agua subterránea tanto para consumo humano como para actividades agrícolas, sin embargo en los últimos años debido al incremento de la demanda se han realizado perforaciones sin ningún soporte técnico, con efectos negativos al acuífero. Por lo anterior, se ha iniciado un estudio multidisciplinario para caracterizar este acuífero cuyos resultados permitirán proponer alternativas de manejo del recurso en esta zona. A la fecha se han realizado trabajos de geología regional y de geofísica efectuando 15

sondeos eléctricos verticales (SEV's) usando el arreglo schlumberger con lo que se realizó la interpretación de las curvas de resistividad a través del modelado directo en 1D, que una vez correlacionado con cortes litológicos de pozos profundos, se obtuvo un modelo conceptual. Este acuífero intermontano es de tipo granular constituido por arenas, gravas y en ciertas áreas formando lentes arcillosos que reducen la transmisibilidad del éste. El espesor de la zona no saturada es en promedio de 10 m; mientras que la geometría de la zona saturada es de forma irregular interpretándose "valles y altos" cuyas profundidades en los primeros es de hasta 130 m y de 20 m en los segundos, siendo el basamento geohidrológico rocas precámbricas, algunas con cierto grado de fracturamiento. La piezometría indica que el flujo subterráneo tiene una dirección preferencial de norte a sur, cuyas velocidades mayores se ubican en las zonas de recarga y en áreas ubicadas al sur de este valle. La calidad del agua subterránea en algunos sitios esta fuera de los límites máximos permisibles de agua para consumo humano.

GEOH-09

ACTUALIZACIÓN DEL MODELO GEOHIDROLÓGICO DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE OJOS NEGROS, BAJA CALIFORNIA

José Rubén Campos Gaytán y Rogelio Vázquez González

En 1991, Vázquez *et al.*, determinaron la geometría del acuífero del Valle de Ojos Negros, la ubicación de las fronteras impermeables, el tipo de los materiales presentes, y también construyeron un simulador numérico del flujo de agua subterránea en el acuífero utilizando el método de diferencias finitas. Durante el transcurso de los últimos años se ha observado el abatimiento del nivel freático en dicho acuífero, como consecuencia del aumento en los volúmenes bombeados por pozos de uso agrícola (CNA 1997). En éste trabajo se presenta una versión actualizada del simulador numérico propuesto anteriormente, donde se incorporan los datos proporcionados por la CNA sobre el manejo del acuífero en la última década. Mediante la aplicación del modelo numérico se estudiará la evolución, y el comportamiento del nivel freático en las condiciones presentes así como su relación con los registros anteriores.

A la nueva versión del simulador se le implementaron rutinas de programación utilizando el software MATLAB. Como resultado se cuenta con una herramienta de simulación versátil y adaptable a diferentes condiciones de campo. A ésta versión del simulador se le puede implementar con facilidad modelos que presenten topografía irregular del basamento, variación estacional de la recarga por precipitación, variaciones en los gastos de los pozos de bombeo, modificación temporal de las condiciones a la frontera, heterogeneidad en los parámetros del acuífero, etc. Los resultados de la simulación se visualizan con las rutinas de despliegue gráfico para su análisis posterior. La validación de los resultados obtenidos del simulador se realiza mediante la comparación con el registro del nivel piezométrico medido en campo. Los resultados de la simulación son usados para determinar la superficie piezométrica, y las direcciones principales de flujo, para diferentes intervalos de tiempo. Finalmente, los datos de cada superficie piezométrica pueden usarse para determinar la evolución temporal de los niveles en el acuífero.

En ésta ponencia se discutirá sobre las diferencias que presentan ambas versiones del simulador, y también sobre el tipo de información requerida por ellos.

GEOH-10

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA ZONA NO SATURADA EN UNA PARCELA EXPERIMENTAL EN MEXICALI (BAJA CALIFORNIA). RESULTADOS PRELIMINARES

Jaime Alonso Reyes López y Mónica Carrillo Beltrán
Instituto de Ingeniería, UABC

En este trabajo se presenta una metodología para el seguimiento de la fase acuosa a través del perfil del suelo y hasta su arribo al acuífero superior. La experiencia se realiza sobre una parcela agrícola ubicada en la Colonia Zaragoza del municipio de Mexicali. Esta parcela se riega con agua residual tratada de la Laguna de Oxidación de la Ciudad de Mexicali. De este modo, se ha construido una serie de tomamuestras con cápsulas de cerámica en el Laboratorio de Ciencias de la Tierra del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California para el seguimiento del agua de percolación. El dispositivo experimental ha dado buenos resultados en cuanto a la recuperación del agua en medios parcialmente saturados. Sin embargo, en el corto plazo presenta distorsión en cuanto a algunos parámetros físicos y químicos medidos. Aún queda por comprobar si en el largo plazo (más de 1 año) las diferencias o distorsiones en las medidas de estos parámetros tienden a disminuir, como se ha mostrado en un trabajo similar realizado por el primer autor. El análisis químico del agua recuperada a diferentes profundidades permiten apreciar un flujo importante de sustancias químicas a través del perfil del suelo con su consecuente incorporación al acuífero superior.

GEOH-11

ESTUDIOS DE EXPERIMENTOS DE IMBIBICIÓN EN BLOQUES HOMOGÉNEOS PRISMÁTICOS DE ARENISCA BERE A CON VARIAS GEOMETRÍAS

Raymundo Martínez-Ángeles
Programa YNF, IMP

En este trabajo se estudian los frentes de imbibición espontánea en rocas sedimentarias terrígenas, cuya cara frontal presentó tres formas geométricas simples. Se considera que los frentes de imbibición están representados por la frontera entre las zonas seca y mojada de la roca sedimentaria para cada experimento. Dichos frentes fueron observados y medidos mediante fotografía digital y el procesamiento numérico de algunas fotos seleccionadas. Con esta metodología se corroboró que se cumple la ley de Washburn, la cual indica que la altura del frente de imbibición es función de la raíz cuadrada del tiempo $h=f(t^{1/2})$, donde h es la distancia en medida desde la fuente de fluido hasta el frente de imbibición y t es el tiempo en segundos. Lo anterior fue preciso para los casos de imbibición lineal e imbibición radial en bloques rectangulares de Arenisca Berea. Para bloques en forma triangular se encontró que la imbibición es más rápida que la predicha por la ley de Washburn, aunque en este caso dicha ley es válida a pequeñas alturas.

Descriptores: Flujo de fluidos en medios porosos; Inestabilidad debida a tensión superficial, Arenisca Berea, Imbibición.

GEOH-12

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE ESCASEZ DE AGUA: CASO DE ISRAEL Y SONORA, MÉXICO

Silvia Martínez Retama, Paula Concepción Isiordia y Priscilla Denise Antunez
Depto. de Geología, Universidad de Sonora

El objetivo de esta investigación es presentar un panorama general del enfoque integral (o de sistemas) que la nación de Israel ha adoptado para resolver su problema de escasez de agua. Se presenta también un cuadro comparativo entre acciones implementadas por Israel y por la ciudad de Hermosillo, Sonora, a fin de resolver este problema.

La presentación de este trabajo resulta muy importante porque nos dará una pauta para conocer la situación que se presenta en otro país, la cual coincide en varios factores con la problemática del agua en esta región. Además, Israel ha logrado crear una verdadera cultura del agua en su sociedad, haciendo conciencia en todos los consumidores de este recurso, abarcando desde las familias hasta las más grandes industrias.

También ha integrado otras técnicas y fuentes de abastecimiento a sus sistemas de almacenamiento y distribución del agua tales como: el aumento de la pluviosidad por medio de la siembra de nubes con cristales de yoduro de plata; utilización de las aguas desbordadas de lluvias de invierno, recolectadas en lagos artificiales; reutilización de aguas residuales residenciales e industriales purificadas; en la agricultura, la tecnología de irrigación por goteo y microregaderas; en la industria, están introduciendo instalaciones especiales de reutilización del agua; el gobierno municipal se centra en las mejoras de efectividad administrativa, las reparaciones y el control de los sistemas de agua municipales; en los parques realizan la selección de plantas que requieran menos agua, utilizando un riego nocturno y con frecuencia mínima; en Israel, instituciones centrales y municipales instan a los ciudadanos a ahorrar agua.

Nuestra investigación (bibliográfica y mediante fuentes de internet) nos conduce a la deducción de que el gran éxito obtenido en Israel, en cuanto a tener un eficiente abastecimiento de agua, no se debe únicamente a la construcción de sus plantas desaladoras, sino que va más allá de los sistemas de desalación.

En conclusión, el enfoque sistémico que se ha estado implementando y desarrollando en Israel, ha sido el responsable de integrar e involucrar a todos los afectados de su sociedad para contribuir favorablemente a la solución de la problemática. Por lo tanto, debemos considerar y analizar cuidadosamente todos sus esfuerzos y resultados que ha obtenido a lo largo de los años, y de esta manera tener una base sólida para tomar las decisiones acertadas y afrontar exitosamente nuestra problemática a nivel regional.

MANEJO DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA LA CIUDAD DE MONTERREY, NE-MÉXICO: EL ACUÍFERO BUENOS AIRES EN EL CAÑÓN LA HUASTECA

Dirk Masuch Oesterreich¹, José Juan Medina Alemán¹ y Jesús Martínez de la Cerda²

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, Laboratorio para Sistemas de Información Geográfica, UANL

Apdo. Postal #104, Hacienda de Guadalupe, Carretera a Cerro Prieto km. 8, Linares, N.L., 67700, México

E-mail: dmasuch@ccr.dsi.uanl.mx

² Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey

Matamoros No. 1717 Pte., Colonia Obispado, Monterrey, N.L., 64010, México

E-mail: jmartine@mail.nl.gob.mx

Palabras Clave: Evaluación del acuífero, modelación hidrológica, groundwater mining, SIG

Introducción: El campo de pozos Buenos Aires en el Cañón La Huasteca, es la fuente de agua subterránea más importante para la Ciudad de Monterrey. El campo de pozos forma parte de un sistema de abastecimiento de presas, campos de pozos y manantiales. Este campo abastece más del 18% del consumo de agua de Monterrey el cual es de algunos 15 m³/s.

Definición del Problema: De los 41 pozos profundos perforados en la década de los setenta, llegando a una profundidad máxima de 1940 metros, 18 nunca produjeron agua o fueron abatidos rápidamente después de empezar la operación. La operación de los pozos muestra una significativa variación en la descarga, variando de 10l/s a 187 l/s en promedio de descarga. En algunos de los pozos, los niveles dinámicos han descendido cerca de los 100 metros. Los Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey necesitaron conocer: 1. Una explicación para los pozos “secos” y la diferencia en las descargas entre pozos vecinos, 2. La cantidad de agua seguramente explotable en el acuífero, y 3. Recomendaciones para la localización de nuevos pozos.

Metodología: El Cañón La Huasteca forma parte de la Curvatura de Monterrey, la cual se caracteriza por una secuencia de sinclinales y anticlinales. El área del campo de pozos comprende cerca de los 100 km², y fue geológicamente cartografiada a una escala de 1:10000. Los acuíferos fueron identificados y clasificados dentro de rangos de conductividad hidráulica, utilizando datos existentes de pruebas de bombeo. Una secuencia de secciones geológicas a una distancia de 1 km. fue construida. El mapa geológico fue entonces transformado en un mapa hidrogeológico, al remover los estratos menos significativos a nivel superficial y usando la superficie piezométrica como el nivel de visualización. El parámetro visualizado es la conductividad hidráulica a nivel de ocurrencia del agua subterránea. El mapa fue procesado dentro del ARC/INFO SIG y los datos de pozos fueron relacionados a la geología de campo. Un modelo hidrológico el cual incluye las cuencas y corrientes superficiales fue derivado utilizando Modelos Digitales de Elevación a una escala de 1:50000 proporcionados por el Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. Los recursos de agua subterránea existentes, dentro del área de captación del campo de pozos fueron determinados aproximadamente en los 51 millones m³/año.

Resultados: El acuífero consiste de calizas del Cretácico superior y tiene un espesor máximo de más de 900 metros. Antes de iniciar la extracción de agua subterránea, el acuífero permanecía bajo condiciones artesianas. Los pozos improductivos fueron perforados cercanos al eje sinclinal, el cual se encontró presente a 500 metros hacia el Sur de este trazo en el mapa geológico oficial. A pesar de que estos pozos están localizados en zonas fracturadas, las fracturas parecen estar cerradas impidiendo la circulación del agua subterránea. Los niveles piezométricos sugieren un flujo de agua subterránea en los flancos, donde los pozos más productivos fueron encontrados, explicando la proximidad de pozos improductivos y altamente productivos. Los flancos consisten del acuífero de calizas, mismos que representan las áreas de recarga y traspaso de agua subterránea dentro del cinturón de pliegues.

Conclusiones: La extracción de agua subterránea del Campo de Pozos Buenos Aires fue de alrededor de los 1535 l/seg en 1998. A pesar del significativo descenso en los niveles dinámicos observado en algunos de los pozos, no se considera que el acuífero este en riesgo de agotamiento a largo plazo. Aunque la lluvia es escasa y las lluvias son irregulares, la ocurrencia de grandes eventos de precipitación (huracanes) en el NE de México, son elementos incluidos en el balance hidrológico. De hecho, los huracanes Gilberto (1988) y Keith (2000) llevaron al acuífero de Buenos Aires de regreso a las condiciones artesianas, indicando una completa recarga. Dentro de un margen de tiempo de 10-12 años, la explotación del acuífero tipo groundwater mining como es en la actualidad, o con una descarga ligeramente más alta se considera una manera apropiada de administrar el acuífero. Aunque probablemente incrementemente la cantidad explotable de agua subterránea a corto plazo, la perforación de nuevos pozos aguas arriba del Campo de Pozos actual no es recomendada. Se sugiere enfocar la exploración sobre la parte Oeste del Cañón de La Huasteca, la cual es también parte de la cuenca hidrológica que contribuye al Campo de Pozos Buenos Aires, pero aún no ha sido desarrollada.

GEOH-14

PLANEACIÓN REGIONAL BIDIMENSIONAL EN FUNCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO DEL ACUÍFERO DE GUASAVE SINALOA

Valle M.O.¹, Norzagaray C.M.¹, Muñoz Sevilla N.P.¹, Herrera B.J.², Sanz R.R.³, Monroy C.A.¹ y Díaz C.E.¹

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

Carret. a Las Glorias Km 1, Guasave, Sin., 81100, México

E-mail: mnorzaga@ipn.mx

² CICESE

Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, B.C., México

³ Comisión Nacional del Agua

Presa Derivadora s/n., Culiacán Sin., México

Existe una deficiencia en la calidad de las fuentes de abastecimiento en el Valle de Guasave, así como en la explotación fuera de control del recurso subterráneo hídrico. La primera se debe principalmente a los variados procesos geológicos existentes, los cuales originan una variedad de concentraciones en aguas del sistema, condicionando los recursos hidráulicos subterráneos en cuanto a su calidad y cantidad, en lo que a consumo humano y agrícola se refiere. Para éstos últimos, el agua de origen natural se explota de manera esporádica durante los periodos de lluvias,

ocurriendo la explotación intensa en la temporada de sequía, siendo ésta en los últimos años cada vez mayor. En virtud de lo anterior se considera necesario establecer un programa dirigido hacia la sustentabilidad del recurso, el cual se desarrolle en función de la disponibilidad del volumen subterráneo existente. Para conocer este volumen es necesario analizar las propiedades hidrogeoquímicas del sistema, tales como la piezometría, las propiedades hidráulicas (conductividad, transmisividad y coeficiente de almacenamiento y análisis meteorológicos), la operación de un balance hídrico (que contemple variaciones espaciales de la temperatura, el volumen del cambio de almacenamiento, la transmisividad, el coeficiente de almacenamiento, bombeo, entrada y salida horizontal, recarga vertical y total, evaporación, evapotranspiración), y la concentración, entre otras. En particular, el trabajo se enfoca hacia el cálculo de la disponibilidad del recurso hídrico y presenta las bases para realizar un programa que establezca la sustentabilidad del mismo. Además, se fundamenta en el hecho de que el acuífero se considera como una reserva de suministro de agua a futuro, para las diversas actividades que operan en la región. Finalmente, se establecen las bases para la planeación administrativa y económica de la zona basándose en el recurso hídrico. Con los resultados de este trabajo se propone la forma más conveniente de impulso de desarrollo económico de la región con base en una explotación óptima.

GEOH-15 CARTEL

DETERMINACIÓN DE SULFUROS EN AGUAS RELACIONADAS CON ACTIVIDAD VOLCÁNICA

A. Aguayo¹, M.A. Armienta¹, S. Ramos² y E. Ramos³¹ Instituto de Geofísica, UNAM² SEGOB, Edo. Chiapas, México³ CENAPRED

Los gases emitidos por volcanes activos pueden entrar en contacto con aguas subterráneas. Debido a la dificultad para obtener muestras y analizar los gases volcánicos, el monitoreo geoquímico de aguas de manantiales aledaños a volcanes permite obtener información importante, que junto con otros parámetros de actividad volcánica, proporciona herramientas para evaluar el riesgo que este fenómeno puede presentar para la población.

La fase volátil magmática presenta una amplia gama de componentes, pero el mayor porcentaje corresponde principalmente a: compuestos del carbono, compuestos del azufre y agua. A temperaturas magmáticas y presión atmosférica el SO₂ es la especie dominante del azufre, pero al disminuir la temperatura se favorece la reacción de reducción del azufre con agua para formar H₂S. Si estas reacciones tienen lugar en un sistema abierto a la oxidación y en presencia de H₂ y CO, el cambio de SO₂ a H₂S da como productos oxidados CO₂ y H₂O. Al disolverse el H₂S en el agua se producen sulfuros, las variaciones en las concentraciones de esta especie puede entonces reflejar cambios en la actividad volcánica.

El método comúnmente empleado para la determinación de sulfuros en agua, es el Método del Azul de Metileno, este método se basa en la reacción del sulfuro, cloruro férrico y dimetil-p-fenilendiamina para producir el compuesto colorido azul de metileno. Se adiciona fosfato de amonio después del desarrollo del color para remover el color del cloruro férrico. Este procedimiento es aplicable a concentraciones de sulfuros entre 0.1 y 20 mg/L.

Otro método para la cuantificación de sulfuros es mediante Electrodo de ion selectivo. El potencial del electrodo selectivo esta relacionado con la actividad del ion sulfuro. Para llevar a cabo esta determinación se adiciona un agente antioxidante a las muestras y estándares con el propósito de inhibir la oxidación del sulfuro por el oxígeno y para proporcionar un pH y una fuerza iónica constante. La concentración de sulfuros que es posible determinar por este método se encuentra entre 0.032 y 100 mg/L.

Se presentan resultados obtenidos para algunos volcanes de México.

GEOH-16 CARTEL

LAS LLANURAS DE INUNDACIÓN DEL DELTA DEL RÍO COLORADO DESDE UNA PERSPECTIVA DE SENSORES REMOTOS Y SU RELACIÓN CON EL FLUJO DE E.U.A A MÉXICO

Alejandro Hinojosa C., Octavio Meillón M. y Lourdes Mexicano V.

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

Originándose en las montañas de Colorado y Wyoming, el Río Colorado (RC) fluye a lo largo de 2300 km. atravesando 7 estados en los E.U.A y dos en México para desembocar en el Golfo de California y en el Mar de Salton. El libre flujo del río hacia el delta fue bloqueado en el siglo pasado por la construcción de 10 presas aguas arriba, iniciándose en los 30s con la presa Hoover. Además de las presas, el desvío del cauce ha cambiado el paisaje, como es el caso en 1905 cuando la depresión del Salton se transformó al Mar del Salton. El agua del RC está repartida entre los estados vecinos de E.U.A y México que comparten la cuenca, existen cuotas que son rigurosamente reclamadas. Los humedales nativos que antes dominaban la región, han casi desaparecido. No existe una cuota asignada a los humedales del delta que albergan importantes ecosistemas que requieren permanente de agua para mantener a la vegetación.

Se presenta una retrospectiva reciente de las llanuras del delta del RC a partir del archivo de imágenes Landsat (1973-2001), donde se documenta la relación entre el gasto que cruza la frontera y su expresión en las llanuras de inundación. La tectónica regional asociada a la evolución del Golfo de California ha generado depresiones en la región del delta a través de procesos de extensión. La Laguna Salada, al igual que la cuenca del Salton, es una depresión por debajo del nivel del mar, donde se reflejan las variaciones en el flujo, desecándose cuando éstos disminuyen e inundándose por flujos extraordinarios. La Ciénega de Santa Clara en la zona del delta, no es evidente en las primeras imágenes Landsat 1 de 1972, se presume que debió formarse a mediados de los 70s como efecto a algún desvío en los canales tributarios del RC.

**ROLE OF PHYSICAL HETEROGENEITY IN
CONTROLLING SUBSURFACE MICROBIAL
ACTIVITY IN A SHALLOW AQUIFER NEAR
OYSTER, VIRGINIA**

Maria Green-Blum¹, Chris Musslewhite², Donald Swift¹,
Michael McInerney² and Chris Murray³

¹ Department of Ocean, Earth and Atmospheric Sciences, Old
Dominion University

² Department of Botany and Microbiology, University of
Oklahoma

³ Pacific Northwest National Laboratory

In order to test the hypothesis that microbial activity in the subsurface is strongly correlated with physical and hydrological variability, we directly measured physical and biological heterogeneity at successive spatial scales in aquifers near Oyster, Virginia. Cores from an aerobic zone (Narrow Channel) and a microaerophilic zone (South Oyster) in the aquifer were sampled from 0 to 10 meters depth and a sampling trench was excavated in the vadose zone at the Narrow Channel site. At the South Oyster site, the sediments consisted of relatively homogeneous quartz sand, deposited in a shoreface to back-barrier setting and locally interfingering with peat. Granulometric and hydrological data were redefined by a combination of multivariate statistical methods. Four lithofacies were identified at the Narrow Channel site and seven lithofacies at the South Oyster site. For the sandy lithofacies, the hydraulic conductivity range was restricted, lying between 10⁻⁴ and 10⁻⁶ cm/s. Nevertheless, well-defined permeable zones occurred. Hydraulic conductivity variations were closely related to lithofacies. Bivariate plots showed that the seven lithofacies reduced to four hydrofacies. In addition, microbiological samples were collected both aerobically and anaerobically from the vadose zone trench and both aquifer sites and the rates of hydrogen uptake and the distribution of sulfate reduction activity were determined. At the Narrow Channel sites (trench and aquifer), a weak but significant correlation was detected between hydrogen uptake rates and grain size, with the highest uptake rates associated with samples having coarser grain sizes. However, vadose zone samples with high gravel content had low microbial activity. A radioisotopic imaging method was used to determine the distribution of sulfate reduction activity at the millimeter scale in undisturbed cores from the South Oyster site. The distribution of high sulfate reduction activity was clustered and not randomly distributed. Variogram analysis suggested that the clusters were about 5-10 cm in size. These results suggest that the scales of spatial organization of microbial populations may be significantly shorter than those for physical parameters, but that grain size and permeability are nevertheless significant controls governing microbial activity in the subsurface.

Reunión Anual 2001

Sesión

Geología de Yacimientos Minerales

Lunes 5

SALA D

GYM-01

EVENTOS DE MINERALIZACION EN LA INTERSECCION DEL EJE NEOVOLCANICO Y LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL

Jorge Jaime Mengelle López

Depto. de Vinculación ESIA, Ciencias de la Tierra, IPN

E-mail: se_vinculación@hotmail. com

El objeto del presente análisis es el mostrar algunas localidades del extremo occidental del Eje Neovolcánico y extremo sur de la Sierra Madre Occidental que se caracterizan por presentar eventos de mineralización de Au, Ag, Hg, Pb, y Zn asociados a una actividad magmática que afectó a las rocas volcánicas de las provincias mencionadas.

El Oligoceno está representado por considerables emisiones volcánicas de andesitas y riolitas distribuidas ampliamente en la región, las cuales son correlacionables con unidades de la Sierra Madre Occidental, incluyendo tobas, brechas y aglomerados de naturaleza andesítica, así como tobas, brechas, y aglomerados de naturaleza andesítico, así como del Plioceno al Pleistoceno se observa otra notable actividad volcánica característica del Eje Neovolcánico, la cual está constituida por diversos aparatos volcánicos, flujos volcánicos, brechas y tobas de composición intermedia a básica así como la presencia de calderas.

Los eventos de mineralización están asociados con vulcanismo Terciario emplazándose principalmente como intrusiones de composición ácido a intermedia formando estructuras vetiformes, stockworks y deseminadas con minerales como argentita, calaverita, cinabrio, galena y esfalerita acompañada por una intensa silicificación y sericitización.

Es importante destacar que dichas manifestaciones son observadas en apófisis ígneos y de pequeñas dimensiones que afectan a varias de las unidades volcánicas descritas, evidenciando las grandes posibilidades de poder localizar yacimientos de origen hidrotermal a una no muy lejana profundidad, considerando que el basamento de dicha región está constituido por rocas sedimentarias y metamórficas. El gran espesor de rocas volcánicas descritas está actuando como trampas receptoras de los fluidos mencionados.

Los afloramientos son de pocas dimensiones, sin embargo, en varias localidades alcanzan a observarse vetillas asociadas a los fenómenos mineralizadores descritos. Es por todo lo anterior la gran importancia de llevar a cabo estudios de exploración en el Eje Neovolcánico.

GYM-02

LA FORMACIÓN NAZAS: UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA CON POTENCIAL GEOLOGICO-MINERO

Jorge Jaime Mengelle López

Depto. de Vinculación ESIA, Ciencias de la Tierra, IPN

E-mail: se_vinculación@hotmail. com

La zona de estudio se localiza en el extremo norte del estado de Zacatecas, dentro del distrito minero de Caopas, el cual se caracteriza por presentar manifestaciones de mineralización de elementos metálicos de interés económico como Au, Pb, Zn y Cu

principalmente asociados a una alteración del tipo argílica con algunos de estos minerales de interés económico como barita, caolín, sericita, talco, pirofilita, asociados a una intensa silicificación con especularita.

En esta región predominan rocas sedimentarias que van del Jurásico al Cretácico Superior infrayacidas discordantemente por una secuencia volcanosedimentaria de origen continental conocida como Formación Nazas de edad Jurasico Inferior la cual está metamorfozada en varias localidades, presentando un zoneamiento vertical bien definido.

La litología identificada consiste de una alternancia de tobas de cenizas, andesitas, ignimbritas, riolitas, areniscas, limolitas, lutitas y tobas riolíticas con un espesor mayor de 1000m. Las estructuras de esta unidad son foliación y clivaje penetrantes así como con fracturamiento posterior y plegamiento a diferentes escalas, los cuales han favorecido los diferentes eventos de mineralización de la región, presentándose estructuras vetiformes, concordantes a la estratificación, así como diseminación de sulfuros principalmente.

Estas características permiten que los fluidos hidrotermales al desplazarse por esta unidad queden atrapados en determinados niveles litológicos actuando como una trampa para la formación de yacimientos minerales metálicos. Las manifestaciones de mineralización en las rocas sedimentarias suprayacentes se debe a que las deformaciones han originado estructuras favorables para que los fluidos mineralizantes alcancen dichos niveles, como es el caso de la zona mineralizada San Julián en la que la deformación de la cobertura sedimentaria es bastante contrastante debido a el tipo de pliegues observados.

Otro ejemplo contundente son las sierras de El Cajón y Milagro en las que estructuralmente ha sido formada por eventos de magmatismo sintetónico que son predominantes en la región de estudio, dando por resultado que varias de las unidades litológicas de la Fm Nazas estén alteradas hidrotermalmente principalmente por sílice, expresándose geomorfológicamente.

Por tal motivo pensamos que son necesarios estudios de geoquímica de roca en esta formación ya que presenta una buena probabilidad para encontrar yacimientos minerales de interés económico que no han sido expuestos a la erosión.

GYM-03

IMPORTANCIA GEOLOGICA DE LOS CAOLINES DE DELGADO, GTO

Jorge Jaime Mengelle López

Depto. de Vinculación ESIA, Ciencias de la Tierra, IPN

E-mail: se_vinculación@hotmail. com

La región norte de Celaya, entre Silao y San Miguel Allende está caracterizada geológicamente por presentar rocas volcánicas de tipo piroclástico de composición riolítica, domos riolíticos y flujos volcánicos de la misma composición. Existe una zona que abarca los poblados de Delgado, Neutla y Naranjillo en la que se tienen grandes yacimientos de caolín, asociado con alunite y cuarzo.

El caolín prácticamente está reemplazando a tobas riolíticas dando por resultado estructuras masivas concordantes a la pseudoestratificación de dichas rocas, esto debido a fluidos hidrotermales que han rellenado la porosidad de dicha roca. Se

consideran en ésta región a los caolines de origen mixto, tanto por intemperismo y fluidos calientes, sin embargo el hidrotermalismo ha sido el principal evento geológico formador de los caolines de esta región.

Los criterios que afirman esta aseveración son: la existencia hacia el occidente de rocas de la misma composición que no han sufrido tal grado de intemperismo, con la presencia de vetas de cuarzo aurífero y sulfosales de oro; en el caolín se observan vetillas de cuarzo y la más contundente es que todavía se observan relictos de las tobas originales en la parte superior de dicho yacimiento, demostrando que los fluidos formadores del caolín fueron ascendentes.

La gran importancia minera de estos yacimientos de caolín es que representan la zona superior de un sistema epitermal de oro-plata ya que en sedimentos de arroyo se han detectado valores anómalos de estos elementos, al noroeste de ésta región se localizan los grandes yacimientos de oro y plata de Guanajuato, y al oriente se tienen cartografiadas manifestaciones hidrotermales de elementos metálicos emplazados en rocas metamórficas del basamento regional.

Lo anterior indica que una serie de eventos magmáticos están alineados prácticamente este-oeste formando en algunas localidades yacimientos epitermales y de ahí que la región de caolines represente una localidad de intensa argilitización típica de éste tipo de yacimientos, en la que probablemente los sulfuros de valor económico se localicen a cierta profundidad por lo que es necesario emplear técnicas de exploración geoquímica en rocas, esto con el propósito de establecer los límites del halo primario de una probable zona de mineralización además de establecer la posible relación con los yacimientos de la región.

GYM-04

GUÍA DE ROCAS Y MINERALES GEOLÓGICAMENTE EXPLOTABLES EN LA REGIÓN MIXTECA OAXAQUEÑA

Cirilo Joaquín Guerrero Hernández
Instituto de Minería, Universidad Tecnológica de la Mixteca

La región de la Mixteca Oaxaqueña, situada al noroeste de la capital del estado de Oaxaca, constituye una región con gran potencial minero, tanto de minerales metálicos como no-metálicos, donde sólo se ha explorado una mínima parte. Los yacimientos minerales de rendimiento económico son generadores de riqueza, siendo un factor en la evolución social y económica de la región. La presente guía aportar información general y propiedades físicas sobre los afloramientos de rocas y minerales susceptibles de ser explotadas que se encuentra distribuidos en esta región. Geológicamente la entidad se sitúa en las provincias geológicas Mixteca y Zapoteca en donde puede considerarse como la más compleja del estado de Oaxaca y del país, debido a los diferentes eventos tectónicos superpuestos que existen en la región, así como a los diversos tipos litológicos aflorantes, cuyas edades de las rocas varían desde el Precámbrico hasta el Pleistoceno y Reciente. El sitio donde se observa este evento tectónico-geológico corresponde al cañón de Tomellín, situado al oriente de la región y que separa a la provincia Mixteca con la provincia Zapoteca. Tectónicamente las estructuras están constituidas por sistemas complejos de fracturas, fallas, fosas tectónicas, bloques tectónicos e intrusivos ígneos, asociados con fallas y grabens, encajonados en rocas metamórficas

de edades Precámbricas y Paleozoicas. Las evidencias verificadas en campo se observan como remanentes del flanco occidental de las estructuras anticlinales y sinclinales formadas en la región. Los eventos tectónicos y la diversidad de rocas favorecen la mineralización metálica en forma variada e incluyen cuerpos irregulares de hierro y oro en skarns cálcicos, diseminaciones en vetas y cuerpos de reemplazamiento de plomo, cinc, plata y cobre en rocas con edades Precámbricas y Mesozoicas. Los análisis en muestras de orientación regional reportan valores en general de los 4 gramos hasta los 18 gramos de oro por tonelada; 275 gramos de plata por tonelada; 455 partes por millón de cobre; 1.2 por ciento de antimonio. Las sustancias no-metálicas compuestas por rocas dimensionales u ornamentales e industriales tales como las calizas, tobas, tobas andesíticas, mármol, ónix, mantos de carbón, caolín, bentonita, gravas, arenas, yeso, alabastro, barita, feldespatos, cuarzo y halita. Se extienden en diversas zonas de la región asociados a rocas de edades Cretácico y Terciario, donde las reservas potenciales se calcularon basándose en los bancos de materiales que han sido explotados en algún tiempo.

GYM-05

EL YACIMIENTO DE PLATA DE LAURIÓN, GRECIA, NUEVO CONCEPTO DE SU ORIGEN

J.A. Randall Roberts
Universidad de Guanajuato
Apdo. Postal #168, Guanajuato, Gto., 36000, México

Las Minas de Laurión en la península de Atika al S.E. de Atenas, Grecia, fueron trabajados por mil años entre 1000 A.C. hasta la entrada de la era Cristiana. Su producto de más importancia fue la plata con un auge de producción de 20,000 Kgs de Ag metálica anuales; entre 500-300 A.C.; hubo sub productos de Pb, Fe y un poco de Zn y Cu. Existiendo una amplia bibliografía de las operaciones mineras con descripciones geológicas, mineras y metalúrgicas, mayormente escritas en Griego, con pocas referencias en Francés e Inglés. El año pasado, sept., del 2000, durante una visita a los restos de la zona minera, fue aprovechada para estudiar la geología del depósito, tanto en superficie como en lo subterráneo, en ambas partes se tomaron muestras de rocas y las menas, mismas que fueron preparadas y estudiadas petrográficamente en Guanajuato. El yacimiento se arma en tres o más contactos entre esquisto en el bajo y mármol en el alto, ambas rocas de edad Cretácica inferior a medio; el contacto es ondulado con echados entre 5-15°, generalmente los mejores mantos se encuentran cerca a una cabalgadura del Cretácico superior - eoceno. Dentro de los mármoles, hay múltiples cristales largos de dolomita que parecen primarios. En la fábrica de cizalla se notan granates (andradita?) y ocasionalmente andalucita, mientras en los esquistos hay hornblenda café, granate, y raros cristales de cianita (esta mineralogía no está descrita en la literatura). Parece ser que las rocas sufrieron metamorfismo de tipo Barroviano junto con los mantos de grado medio alto; notándose ausencia de texturas que sugieran metamorfismo ígneo (cornubianita). En general, las menas fielmente siguen los contactos, haciéndose más gruesos cerca de la cabalgadura en ondulaciones; el efecto de las intrusiones máficas y felsicas parecen ser limitadas a solo recalentamientos y ligeras remobilizaciones. Por lo que deduzco son de origen sedimentario de playa "Saabka"-evaporítica, notando la presencia de abundante dolomita primaria y reportado escapolita (meta-cloruros); luego con una reconcentración por metamorfismo dinámico separando los sulfuros de Fe-Mn-Cu de los de Pb-Zn-Pb en zonas diferentes

aunque en el mismo manto debido a la diferencial de movilización. Los originales mantos delgados (de 0.5- 1 mt.) fueron engruesados por el metamorfismo y sobre todo por el cabalgamiento. La posterior intrusión de dos tipos de diques volvió a enriquecer a los mantos en el terciario, y el paso final fue la oxidación y enriquecimiento supergénico que elevó las menas de plomo argentífero a leyes aprovechables por los antiguos mineros.

GYM-06 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD PUZOLÁNICA DE LAS TOBAS PUMÍTICAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, JALISCO, MEXICO

Vargas del Río David y Zárate del Valle Pedro F.
Depto. de Ingeniería Civil, Centro Universitario de Ciencias
Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara
Apdo. Postal #4-021, Guadalajara, Jal., 44410, México
E-mail: pzarate@ccip.udg.mx

Jalisco y su zona metropolitana de Guadalajara (ZMG) están asentados en un territorio principalmente volcánico. En particular el subsuelo de la ZMG consiste de un material volcánico denominado "Toba Tala" (Mahood 1977), el cual constituye una abundante puzolana natural que localmente se conoce como jal. Las puzolanas se definen como materiales amorfos silíceos o silíceo-aluminosos que en sí poseen poco o ningún valor cementante, pero que finalmente divididos y en presencia de humedad e hidróxido de calcio, reaccionan químicamente a temperaturas ordinarias para formar compuestos cementantes de baja solubilidad. Lo anterior, junto con la escasa información sobre la actividad puzolánica del jal y el desarrollo actual de la industria de la construcción motiva la presente investigación en la cual se analizan las propiedades puzolánicas del jal a diferentes grados de molienda y con distintos porcentajes de cal y cemento. Las superficies de respuesta de los materiales ricos en sílice amorfa existentes en la ZMG, al ser estudiados estadísticamente en un diseño de mezcla simplex-lattice (3,3) aumentado, se ubican en el diagrama ternario cemento "puzolana" cal con un índice de regresión aceptable. Las variables de respuesta a 7, 28 y 90 días estudiadas son: resistencia a la compresión simple, resistencia a la tensión, resistencia al intemperismo por sulfatos y peso específico.

Los silicatos hidratados que se producen como resultado de las reacciones puzolánicas a temperatura ambiente pertenecen al grupo de la tobermorita. Este compuesto, responsable del endurecimiento de los cementos de puzolana, tiene la propiedad de ser inerte, ligero, impermeable, con buenas propiedades acústicas y resistencia al fuego. La neoformación de la tobermorita durante la reacción puzolánica de la Toba Tala de la ZMG al ser mezclada con cal y en presencia de humedad, puede ser seguida por difracción de rayos X.

Se concluye que la puzolanidad de la toba pumítica Tala, dentro de ciertos límites, genera ventajas técnicas al mejorar la resistencia al intemperismo en las mezclas con cemento Pórtland y la resistencia a la compresión al usarse con cal. Asimismo también se obtienen ventajas económicas al reemplazar parcialmente a la cal y al cemento. Se ha encontrado en particular una laguna, en cuanto a normatividad nacional se refiere, para el buen uso de estos materiales al ser mezclados con cal. Asimismo se encontró la posibilidad de utilizar el jal mezclado con cal de acuerdo con la norma americana ASTM C 593 - 69 y así substituir al mortero de

albañilería común controlado por la norma NMX-C-061-1976. Las aplicaciones mencionadas aportan beneficios económicos sin menoscabo de la resistencia requerida por las normas mencionadas.

GYM-07 CARTEL

MINERALOGY, AGE AND CONTROL SETTING OF LA NEGRA AND ZIMAPAN SKARN ORE DEPOSITS, CENTRAL PART OF MEXICO

L.F. Vassallo¹, N.A. Arkhipova², N.N. Shatagin², J.E. Sousa³,
J.G. Solorio¹, M.A. Ortega¹

¹ Geosciences Center, UNAM

Campus Juriquilla, Querétaro, Qro., México

E-mail: vassallo@servidor.unam.mx

² Moscow State University, Moscow, Russia

E-mail: ore@geol.msu.ru

³ Peñoles, Cia. Minera La Negra, Maconí, Querétaro, México

Zimapan and La Negra ore districts are situated in Central Mexico in territory of states Queretaro and Hidalgo. The deposits settle down in limits of a laramide foldbelt of Central Mexico. Both areas contain silver-polymetallic skarn orebodies, which are connected with intrusions of eocene age in the limestone sediments of El Doctor formation of early-cretaceous age.

Plutonic systems are represented by multiphase intrusions, such as stocks and dykes, which characterize evolution of magmatic system from middle solution up to felsites, and the various displays of metasomatism and ore mineralization at different stages are connected to separate intrusive phases. The La Negra deposit is connected with intrusion of a granodiorite stocks and quartz-monzonite dikes. Zimapan deposit is characterized by connection of ore mineralization with stocks of quartz-monzonite and lamprophyre. Inclusions have high homogenization temperatures with majority of data ranging between 330 - 600°C. Salinity of these inclusions are 33-70 weight % total salts.

Comparison of mineral paragenesis, control setting and fluid characteristics between Zimapan and La Negra ore zones shows, that both deposits are similar. The only difference is spurrite mineral association that is widely spread in La Negra deposit. The absence of spurrite at Zimapan can testify to the greater depth of intrusions, in comparison with La Negra deposit.

The age (K/Ar method) of intrusions, to which the La Negra deposit is connected, are from 38.7 to 39.6 my; and intrusions in Zimapan area are from 40.8 to 43.6 my old.

Landsat TM imagery was used to map the intrusive bodies as well as the control structures, with the aid of ERMapper and Arcview-GIS-Image software. The NW-SE structures inherited of the upper cretaceous, played an important control in the distribution of the intrusives, a second set of NE-SW structures control the form of ore bodies and their distribution.

GYM-08 CARTEL

SUELOS ROJOS CENTRO Y OESTE DE MÉXICO, INDICADOR TECTÓNICO

J.A. Randall Roberts

Universidad de Guanajuato

Apdo. Postal #168, Guanajuato, Gto., 36000, México

La presencia de suelos rojos residuales (autóctonos) en la zona centro de la República Mexicana y a veces como depósitos alóctonos muy persistentes es enigmática; estos no deben de existir en los climas secos y templados de los altos de Jalisco, Zacatecas, Durango y Guanajuato, son depósitos típicos de un clima costero, cálido y húmedo.

De hecho los suelos rojos se están formando actualmente en las costas de Jalisco, Nayarit y Sinaloa, son de lenta formación de etapa madura o de vejez en la secuencia edafológica en donde casi todos los minerales originales de las rocas ya están destruidos, el cuarzo es normalmente el único restante, y predominan minerales secundarios formados en el sitio por procesos superficiales de acuerdo con el clima. No se deben de confundir con suelos rojos jóvenes común a la orilla de conos piroclásticos en el Eje Volcánico en donde abundan restos de muchos minerales primarios. El color rojo en los suelos correspondiente a este estudio es probablemente en su mayoría hematita en las partes altas y templadas, mientras en las costas tiende a tener un color rojo-naranja y muestra un mineral más mezclado con arcilla. Propongo una desecación con tiempo hacia simple hematita; en todos los casos la textura consiste en coronas del mineral férrico alrededor de granos residuales de cuarzo. En las partes altas y templadas, los suelos rojos muestran a menudo su carácter de depósitos fósiles, con la actual formación de suelos grises y café encima; obviamente esto solo rige en casos de suelos autóctonos, como los suelos transportados fueron erosionados de partes altas y luego depositados y en proceso de deposición sobre material en los valles. Todo esto tiene una implicación tectónica; los suelos fósiles rojos han sido elevado topográficamente afuera de su ámbito original, a veces con más de 2,000 mts. De movimiento vertical.

Autores menciona edades de 100,000 hasta un millón de años para la formación de éstos suelos; considerando la velocidad de erosión en la mesa central de México (éstos suelos rojos se encuentran como remanentes en zonas protegidas de erosión), se puede considerar un escenario de levantamiento de una superficie topográfica de cero a dos kilómetros de altura en aproximadamente un millón de años.

GYM-09 CARTEL

THE REAL GUANAJUATO MINING DISTRICT FROM FIELD AND LANDSAT THEMATIC MAPPER DATA; CENTRAL PART OF MÉXICO

L.F. Vassallo, J.G. Solorio, M.A. Ortega and C. Garduño

Centro de Geociencias, UNAM

Campus Juriquilla, Querétaro, Qro., México

E-mail: vassallo@servidor.unam.mx

The Guanajuato Mining District (GMD) is located in central México. It has been traditionally considered as formed by three distinct NW-trending, Ag-Au-Qz, fault-vein systems: La Sierra, Veta Madre and La Luz.

The San Antón de las Minas region to the east, has been excluded from this definition despite similarities in type of mineralization (Ag-Au quartz veins), host rock nature, vein orientation and relation with mid-Tertiary volcanism, similar to that observed in other parts of the district.

Landsat TM7 data were used to create a spectral ratio image of bands 3/4, 4 and 1, displayed as red, green and blue, respectively, and a principal component analysis image of bands 4, 5 and 7 (RGB). These images were interpreted in the context of available geologic maps, field work, lithostratigraphic and new age data. The images were processed using ER Mapper 5.5, 6.0, and ArcView GIS 3.2 Image-Analysis software. Interpretation of the satellite images helped to identify circular topographic patterns, mainly annular and/or radial drainage systems, and to establish their association with volcanic domes, stocks, dikes, alteration of wall rocks around or above the known ore deposits and the regional sets of normal faults.

The Sierra de Guanajuato mountain range is bounded by a complex array of Cenozoic normal faults well recognized at Landsat TM7 images, with two dominant directions: NW and NE to ENE. The same array of structures is also observed inside the sierra, and together with the location of Oligocene volcanic centers controlled ore deposition.

Based on the compilation of several smaller maps at different scales, interpretation of satellite images and digital elevation models and regional reconnaissance mapping we propose that the San Antón area and La Saucedá graben must be considered as a part of the GMD.

San Antón was probably excluded of the definition of the GMD because it was separated from La Sierra vein system by, which was considered a major graben.

K-Ar dating, Vassallo et al 2000, (sanidine, 33.6 ± 0.7 and 34.1 ± 1.1 Ma) of a NW-trending, near vertical, rhyolitic dike swarm exposed in the Los Martínez topographic depression suggests that is not a graben, as older rocks are exposed in the area where the downthrown block is supposed to be. It could be considered as a normal fault with very little movement. Furthermore, dikes which represent a deeper level of erosion than the lava domes of the Chichindaro Formation, (~30 Ma).

At the southern part of the analyzed area we have several Ag-Au veins in domes, that have reflected the continuity to the south of the district, San Gregorio mine is a good example of a NE-SW structure.

At the north-western part of the area, the lineaments NW-SE limit very well the graben of San Miguel de Allende-Dolores Hidalgo, NE limit of GMD.

Near the southern end of the redefined district exist Ag-Au veins hosted in the felsic domes. The San Gregorio mine is a good example of a NE-trending vein similar to those associated with the Veta Madre system (e.g. the Amparo vein). NW-SE lineaments observed in the images limit very well the San Miguel de Allende-Dolores Hidalgo basin, which we consider the NE boundary of GMD.

Reunión Anual 2001

Sesión

Geología del Petróleo

Viernes 9

SALA C

GP-01

CÁLCULO DE ISOPACAS NETAS EN EL CUERPO CALCÁREO DEL EOCENO MEDIO PARA EL COMPLEJO CANTARELL

Citlalli Sarmiento López, Luis Juárez Aguilar y Enrique Ortuño Maldonado

IMP
PEMEX

La caracterización de los yacimientos petrolíferos depende directamente de la correcta definición de los cuerpos específicos, lo que se repercute en las reservas de petróleo de nuestro país. Un yacimiento que se encuentra en fase inicial de exploración es el cuerpo calcáreo del Eoceno Medio, el cual está compuesto de calcarenitas intercaladas con delgados horizontes de lutitas calcáreas y lutitas bentoníticas que contiene fauna planctónica correspondiente a la biozona del Globorotalia Iehneri, ubicándolas exactamente en el Eoceno Medio, (Gutiérrez-Moreno *et. al.*, 1998).

Una parte sumamente importante en esta clase de trabajos multidisciplinarios es determinar el espesor real del cuerpo a estudiar; para poder realizar este cálculo se deben utilizar criterios petrofísicos y geológicos; es decir, a partir la definición de los cuerpos a estudiar y a través de software especializado, se realizan mapas de configuraciones a cima y base del cuerpo, configuraciones de isopacas brutas y finalmente se discretizan los cuerpos, definiendo así los espesores efectivos (isopacas netas) que impactarán en el modelo geológico final.

Se analizaron 56 pozos. El primer paso es la obtención de los registros geofísicos y determinar si en ese pozo existe el cuerpo de estudio, de esta manera se obtiene la cima y la base del mismo. Continuando con la generación del mapa de configuración de isopacas brutas. Posteriormente y basándose en los registros de rayos gama y rayos gama corregido, se determina si existe alguna zona de arcillas por lo que se aplica un filtro para eliminarlas; así se obtiene finalmente el mapa de configuración de isopacas netas.

GP-02

EVALUACIÓN DE LAS CALCARENITAS DEL EOCENO-PALEOCENO EN EL COMPLEJO CANTARELL

Luis Juárez Aguilar¹, Enrique Ortuño Maldonado², José Jesús Gorian Figueroa¹ y Juan Gerardo del Angel Morales¹

¹ Zona Marina, Yacimientos, IMP

² Zona Noreste, Caracterización de Yacimientos, Exploración y Producción, PEMEX

En el Complejo Cantarell, desde los inicios de su explotación, tres pozos tuvieron producción comercial en las Calcarenitas, C-71, C-19 y C-138. En 1997 se repararon 3 pozos (C-2013, C-2003 y C-2053) en el Bloque Nohoch, resultando productores en este horizonte. De esa fecha al momento se han perforado alrededor de 68 pozos, con objetivo Mesozoico, de los cuales a 15 se les tomó un juego completo de registros geofísicos y en algunos de estos se cortaron núcleos. En el 2000 se realizó una prueba de formación en el C-3087D de la plataforma Akal-DB con resultados favorables.

En el área de estudio las calcarenitas están representadas por Packstone a Grainstone de bioclastos, intraclastos y ooides, de 100 micras hasta 2 mm de diámetro, ligeramente dolomitizadas y con intercalaciones de lutita. La distribución de este tipo de depósito dentro del complejo es amplia y dadas sus características petrofísicas representa un potencial yacimiento de hidrocarburos. Los patrones estructurales juegan un importante papel al poner en franco contacto a las calcarenitas con el principal horizonte productor del Complejo Cantarell.

En el presente trabajo se revisaron más de 100 pozos de las plataformas: CHAC-A, AKAL- B, BN, G, D, I, L, TM, M, N, NOHOCH-A, NB, NC y KUTZ-TA. De estos 100 pozos se escogieron 56 por ser los más representativos y finalmente 27 fueron seleccionados por tener la información más completa. Los resultados indican que las calcarenitas tiene espesores netos de 30 metros en promedio y cubren un área de 90 km² con buenas expectativas para la acumulación de hidrocarburos; las zonas con mayor potencial se presentan en la parte Norte, Noreste y Este del bloque Akal.

GP-03

CARACTERIZACIÓN DE YACIMIENTOS FRACTURADOS CARBONATOS EMPLEANDO UNA SIMPLIFICACIÓN DE LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS DE CURVATURA

Jorge Zaldivar-Ruiz y Fernando Castrejón-Vacio
Instituto Mexicano del Petróleo

Gran parte de las reservas de hidrocarburos de México provienen de yacimientos asociados con rocas carbonatadas naturalmente fracturadas que muestran un sistema complejo de porosidad, ligada en general a sistemas de fracturas y cavidades de disolución. Este argumento sirve de base, para proponer una metodología basada en una simplificación de las técnicas de análisis de curvatura, la que permite integrar diversas fuentes de información para estudiar los intervalos fracturados. Con este trabajo se busca definir la ubicación y direcciones de las fallas y fracturas que escapan a la resolución de la información sísmica, en formaciones carbonatadas.

El fracturamiento subsísmico se ha estudiado con métodos estocásticos, al menos desde principios de los noventa, considerando los patrones de distribución de las fracturas mayores detectadas por la sísmica. En este trabajo, además de usar la información de las fracturas mayores, se integraron datos referentes a las fracturas menores provenientes de la revisión de núcleos, que incluyó el establecimiento de las relaciones geométricas y genéticas entre fracturas, fallas y la estratificación, para llegar a identificar los intervalos fracturados, y para calibrar los registros geofísicos de pozos. El análisis de los registros consistió en la estimación, mediante diversas técnicas, de los parámetros petrofísicos: mineralogía, porosidad total, porosidad secundaria e índice de fracturamiento, estimándose promedios geométricos, promedios limitados, espesor neto poroso y el índice de porosidad secundaria.

La curvatura en un punto P sobre una superficie curva es definido como la velocidad de cambio de la pendiente (teta) respecto a la longitud del arco (s). Dado que la cima de un yacimiento petrolero, la superficie definida por isovalores de porosidad, permeabilidad o cualquier otro parámetro petrofísico,

definen geométricamente superficies curvas, sobre ellas pueden analizarse estas velocidades de cambio de sus pendientes. De tal forma que si algún plano (p.e., una falla) trunca la continuidad de esta superficie curva, la curvatura se verá alterada, efecto que es detectable a través de un análisis de curvatura. Las fallas normales e inversas son las que cuentan con un desplazamiento vertical importante en los horizontes estratigráficos involucrados, generando un cambio importante en la curvatura de estas superficies. Sin embargo, las fallas laterales con una componente de movimiento vertical importante, también pueden generar diferencias notorias en la posición vertical de las cimas u otras propiedades petrofísicas de los cuerpos involucrados.

Este estudio integrado a un campo de la Región Marina del Sureste de México, fue exitoso ya que aporta diversos elementos básicos que pueden emplearse en el estudio de los yacimientos fracturados. Al realizar la comparación entre la tendencia de fracturas subsísmicas obtenida en el presente trabajo con respecto al comportamiento dinámico del yacimiento, se denota una correspondencia evidente entre ellos, por lo que puede concluirse que este estudio integrado fue exitoso ya que aporta diversos elementos que pueden emplearse en el estudio de los yacimientos fracturados.

Como relevancia tecnológica dentro del área de exploración y producción de la industria petrolera nacional, la metodología establecida en este trabajo coadyuva a una caracterización más íntegra de los yacimientos naturalmente fracturados en rocas carbonatadas, al establecer y definir los sistemas de fracturas que, dada su escala no pudieron ser definidos por otras técnicas. Por otro lado, al conocer estos sistemas de fracturas, se está en ventaja de comprender el comportamiento dinámico del yacimiento, lo que es un aspecto fundamental para plantear esquemas óptimos de explotación o inyección.

GP-04

GEOMETRIA INTERNA DE ROCAS CARBONATADAS VUGULADAS Y FRACTURADAS POR TOMOGRAFÍA DE RAYOS X Y DESPLAZAMIENTO DE FLUIDOS

Raymundo Martínez-Angeles
Programa de YNF, Instituto Mexicano del Petróleo

En este trabajo se presentan algunos resultados de caracterización estática de rocas sedimentarias calcáreas fracturadas y vuguladas, usando principalmente técnicas de tomografía de rayos X y de desplazamiento de fluidos en laboratorio.

La base de datos analizada para las conclusiones fue de un total de 1600 imágenes digitales correspondientes a 16 núcleos de pozos de diversos campos del país.

Como primer paso se calculó la distribución de porosidad total de cada imagen digital. Después, se segmentó dicha imagen de porosidad en tres imágenes de porosidad diferentes: imagen de vugulos, imagen de micro fracturas e imagen de roca impermeable. Un proceso siguiente condujo al cálculo de superficie específica de vugulos y zonas de flujo, de espesor promedio de vugulos, de zonas de flujo y zonas de fractura; como último cálculo se realizaron estimaciones de permeabilidad absoluta, factor de forma y correlaciones entre las dos y la porosidad.

En una segunda etapa se realizaron desplazamientos unidireccionales de aceite por agua destilada en dos núcleos de campo para estimar la relación de espacio poroso que participa en el flujo de fluidos respecto a zonas de estancamiento, es decir, se llegó a una estimación cuantitativa de la saturación de aceite residual.

En la parte de resultados se presentan imágenes y gráficas, donde se observa la enorme influencia de los vugulos como parte almacenante y conductora en un sistema de matriz-vugulo-micro fractura representativo de rocas calcáreas del país. La conclusión más relevante de este estudio es que el volumen original de un yacimiento de la Zona Marina podría incrementarse debido al incremento de la porosidad vugular y permeabilidad que reportamos y al auge de los métodos de recuperación mejorada.

GP-05

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN EQUIPO PARA MEDIR PRESIONES CAPILARES DE NÚCLEOS DE YACIMIENTOS PETROLEROS Y GEOTÉRMICOS

García-Manuel Pablo y Contreras-López Enrique
Gerencia de Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas

Se diseñó y construyó un equipo de medición de presiones capilares de núcleos geotérmicos y petroleros. Se realizaron pruebas de funcionamiento con 5 muestras cilíndricas de diferentes materiales en un rango de presión de 0-5000 psi.

La industria petrolera requiere de una caracterización detallada de sus yacimientos, una de las características importantes que se deben de conocer es la caracterización petrofísica de los núcleos productores de aceite. Se deben de conocer en forma exacta datos de porosidad, permeabilidad, densidad, entre otras.

Al conocer la porosidad, es importante detallar el tamaño de diámetro de los poros en el núcleo para tener una mejor caracterización del núcleo y del yacimiento. En este trabajo, se presenta un método alternativo para realizar la medición de los diámetros de los poros.

El método consiste básicamente de saturar a una muestra cilíndrica de un núcleo, mediante la inyección de mercurio y medir la presión que se obtiene debido a este volumen de mercurio. El proceso es repetitivo hasta alcanzar una presión de hasta 5000 psi.

El equipo de medición esta compuesto por una bomba de desplazamiento, construida con material de acero inoxidable para evitar la corrosión por el contacto con el mercurio.

El equipo cuenta con una bomba de vacío que se utiliza para evacuar el aire inmerso en la muestra antes de comenzar a saturarla con el mercurio.

Además se utiliza una celda porta-muestras, construida de acero inoxidable, destinada para alojar la muestra que se desea caracterizar. Otro elemento importante del equipo es el medidor de presión, que consiste en un transductor de presión diferencial. Se cuenta además con un adquirente de datos para monitorear la presión que se ejerce con la bomba.

Con este equipo se han medido muestras de diversas composiciones, de las cuales se tiene sus diámetros de poro y sus gráficas de comportamiento de presión capilar en función de la saturación de mercurio.

Las principales ventajas del método son:

- 1.- Mediciones relativamente rápidas, se requieren de unos 30 minutos para efectuar una prueba completa y obtener alrededor de 15 puntos experimentales.
- 2.- Se realizan mediciones en grandes rangos de presión.

El método también tiene desventajas, y es conveniente mencionarlas, la principal es que una muestra sometida a una prueba con el equipo, ya no se puede volver a utilizar para otras pruebas.

Como conclusión, se cuenta con un equipo que mide en forma rápida los diámetros de poros de los núcleos de yacimientos petroleros en un amplio rango de presión.

GP-06

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN RADIAL DE RESISTIVIDAD EN FORMACIONES FRACTURADAS PARA LA INTERPRETACIÓN DE REGISTROS GEOFÍSICOS

Elena Kazatchenko y Aleksandr Mousatov
Instituto Mexicano del Petróleo

El problema de la determinación del tipo y valor de la porosidad secundaria en las formaciones carbonatadas es uno de los más importantes en el área de evaluación de yacimientos para la estimación adecuada de recursos y producción de hidrocarburos.

Las formaciones carbonatadas con doble porosidad se presentan como la matriz con la porosidad primaria y los poros secundarios como inclusiones de forma elipsoidal (con diferentes razones de ejes) o laminas delgadas (aproximación asintótica de fracturas). El grado de saturación y tipo de fluido multifásico en ambos sistemas de poros pueden ser diferentes. El tensor de resistividad para las rocas fracturadas depende de la porosidad, orientación y saturación de fracturas.

El presente trabajo está enfocado en los estudios de la influencia de saturación y de tipo del fluido multifásico en el tensor de resistividad eléctrica. Se calculan las componentes del tensor y los coeficientes de anisotropía para porosidades de fracturas en el rango 0.5-1%. La simulación de resistividad fue realizada para las condiciones de saturación en tres zonas principales alrededor del pozo: la zona lavada donde la matriz y fracturas están completamente saturadas por el mismo fluido conductivo, la zona de invasión que se caracteriza por la matriz con el fluido multifásico (agua de formación y petróleo) y por el gradiente de saturación de fracturas con el fluido de pozo, y la zona virgen con alto grado de saturación por hidrocarburos.

Los resultados muestran que para la saturación del 100% por el agua mineralizada que corresponde a la zona lavada y al caso de estudios experimentales de núcleos, el coeficiente de anisotropía tiene valores elevados ubicados en el intervalo de 2-2.5. El coeficiente de anisotropía en la zona de invasión por la diferencia de permeabilidad de matriz y fracturas alcanza valores hasta 3.

Inclusive en las formaciones con alto grado de saturación por hidrocarburos (zona virgen) el efecto de anisotropía de resistividad sigue siendo significativo. El valor del coeficiente de anisotropía se mantiene en el nivel de 1.4-1.5.

El modelo de distribución de la resistividad a lo largo del radio de pozo puede ser utilizado para inversión de los registros geofísicos en las formaciones fracturadas.

GP-07

ANÁLISIS DE LA BASE DE LOS CARBONATOS PRE-TERRIGENOS DEL JURASICO, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CORRELOGRAMAS USANDO LA FFT

Juan Espinosa Luna¹, Dolores Ibáñez Garduño¹, Luis Juarez Aguilar¹ y Enrique Ortuño Maldonado²
¹ Yacimientos, IMP
² PEMEX

La utilización de correlogramas en los yacimientos petroleros puede significar una valiosa herramienta para la exploración, ya que a partir de datos puntuales nos permiten estimar valores en áreas determinadas, además de correlacionar la información de diferentes parámetros físicos.

Con el objetivo de cartografiar la base de los carbonatos del Jurásico en el complejo Cantarell se aplica el método del correlograma cruzado utilizando la transformada rápida de Fourier (FFT). Partiendo de los registros sonicos (DT), gamma (GR), resistividad LLD, ILD, porosidad (NPHI) y densidad (RHOB).

Se considero una base de datos de 25 pozos con sus respectivos registros que alcanzan profundidades mayores al JSK donde se identificó el horizonte en cuestión. Se muestreo un intervalo de 2.5 m sobre y bajo la frontera identificada para los valores correspondientes de DT, GR, LLD, ILD, NPHI y RHOB en dicho intervalo, a los cuales aplicamos un análisis estadístico con el objetivo de obtener sus valores medios característicos.

Para obtener los resultados de cada uno de los parámetros físicos se construyeron 8 mayas rectangulares de diferentes dimensiones, obteniendo mapas de isocontornos con valores confiables presentando direcciones preferenciales y valores consistentes entre si lo que sugiere una buena estimación de valores esperados en áreas discretizadas.

Ventajas:

1. Rapidez y conveniencia: La Rapidez es obtenida por la FFT que convierte grandes tablas 2-D o cubos el corelogramas cruzados luego el filtrado es reducido a una serie de ventanas suavizadas en donde los valores del correlograma original y el espacio espectral de la transformación de Fourier se correlacionan.
2. Generalización con mayor certidumbre que la interpolación lineal: Pero la principal ventaja es que para sitios donde no se cuenta con información se tendrán valores con mayor certidumbre que si utilizamos una interpolación.

Esta metodología representa una poderosa herramienta para sitios donde no se cuenta con información, obteniendo valores con mayor certidumbre que si utilizamos una interpolación.

GP-08

RECONOCIMIENTO DE PATRONES EN REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZOS POR MEDIO DEL MÉTODO FUZZY

Juan Espinosa Luna, Nector Velasco Climaco, Juan Gerardo
Del Angel, Dolores Ibáñez Garduño y Rodolfo Almanza
Mosqueda
Exploración y Producción, Yacimientos, IMP

Entre las metodologías de exploración geofísica, los registros de pozos juegan un papel importante en la localización y evaluación de las fuentes geológicas (hidrocarburos), siendo una de las herramientas de exploración principales en la industria petrolera.

Se plantea una metodología que involucra el reconocimiento de patrones inherentes en el conjunto de datos de registros geofísicos de pozos. Con el objetivo de identificar respuestas específicas de una formación geológica distribuida en un área (zonas o intervalos productores de hidrocarburos), se aplica el método de reconocimiento de patrones FUZZY.

Este es un método que ha sido aplicado en áreas de ciencias y tecnología, inclusive en la tecnología espacial de reconocimiento y consta básicamente en asignar a un determinado conjunto (o conjuntos) de datos a un vector, el cual tiene pesos de acuerdo a su frecuencia y magnitud, realizando el reconocimiento a través de un esquema iterativo de minimización con determinado criterio de convergencia y una función de optimización.

Esta metodología se pretende adaptar a los yacimientos petrolíferos en México, para determinar las zonas o intervalos productores de hidrocarburos, que se caracterizan por propiedades físicas específicas (porosidad, permeabilidad, grado de fracturamiento, etc.) y poderlos clasificar como un tipo de patrón.

Reunión Anual 2001

Sesión

Geología Estructural y Tectónica

Jueves 8

SALA C

GET-01

IMPLICACIONES DEL MODELO DE LA TRIPLE UNIÓN PARA EL ORIGEN DEL GOLFO DE MÉXICO EN LA EXPLORACIÓN PETROLERA PROFUNDA

Jaime Rueda Gaxiola

ESIA, Unidad Ticomán de Ciencias de la Tierra, IPN
Calzada Ticomán No. 600. México, D.F.
E-mail: jaimerueda@compuserve.com.mx

Las secuencias mesozoicas de lechos rojos y sal representan el basamento económico de las sub-cuencas petroleras mexicanas del Golfo de México, así como el inicio de la transgresión marina tethisiana que formó los sistemas petroleros. Los análisis palinoestratigráficos (1969-1993) de esas secuencias permitieron obtener datos lito-, bio- y cronoestratigráficos del Alogrupo Los San Pedros y del Grupo Huayacocotla (Edad Rhaeto-Liásica en la Cuenca Huayacocotla-El Alamar), de las formaciones La Joya (Edad Jurásica Media en la Sub-cuenca Chihuahua-Sabinas), Rosario y Cahuasas (Edad Jurásica Media de la Sub-cuenca Tampico-Misantla) y Todos Santos (Edad Jurásica Media en las sub-cuencas Veracruz y Sureste), así como de la sal (Edad Jurásica Media en la Sub-cuenca Sureste). Estos datos y los obtenidos del “caprock” del Challenger Knoll del Golfo de México, en 1971 por Kirkland y Gerhard, han permitido entender el origen y la evolución tectónica del Golfo de México.

Así, es evidente que existe una muy importante discordancia entre las rocas metamórficas e ígneas del basamento y los lechos rojos del Jurásico Medio en las sub-cuencas del Golfo de México y que se continúa sobre las rocas fluvio-lacustres-marinas liásicas de las cuencas de Huayacocotla-El Alamar, Tlaxiaco y Huamuxtlán. Sobre ella, las rocas evaporíticas dan inicio a la secuencia transgresiva tethisiana. Esta información es la base del modelo tectónico de la Unión Triple para el Golfo de México que incluye tres periodos: 1) la formación de la Cuenca Rhaeto-liásica Huayacocotla-El Alamar relacionada con el sistema convergente de la Placa del Pacífico; 2) el origen de la Sub-cuenca Tampico-Misantla durante el Liásico Tardío, debido al desplazamiento hacia el SW de los bloques Huayacocotla y Tlaxiaco a lo largo de las megacizallas Tampico-Lázaro Cárdenas y Teziutlán-Acapulco, y 3) el origen del Golfo de México y de sus sub-cuencas de Chihuahua-Sabinas, Veracruz y Sureste, durante el Jurásico Medio Temprano, como resultado de la Triple Unión que permitió el desplazamiento hacia el NW del Bloque Texas-Luisiana y de la parte occidental de México por medio de las megacizallas Lewis Clarck-Bahamas, Texas-Boquillas-Sabinas y Pico de Orizaba-Laguna Inferior, al permanecer unido el Bloque Chiapas-Yucatán a Sudamérica.

Este modelo permite delimitar nuevas provincias potencialmente productoras de gas y petróleo hacia el centro del Golfo de México. Se trata de la continuidad de las rampas de las sub-cuencas de Chihuahua-Sabinas, Tampico-Misantla y Sureste, ya que estuvieron muy próximas a la unión triple durante la subsidencia de sus márgenes y fueron las primeras en recibir las aguas oceánicas tethisianas donde el fitoplancton marino se desarrolló en condiciones físico-químicas ideales. Además, sus rocas ricas en materia orgánica fueron las primeras en alcanzar la temperatura de generación de petróleo y gas y éstos los primeros en migrar hacia las partes más altas de las rampas.

GET-02

INVERSIÓN DEL ESFUERZO PRINCIPAL MÁXIMO EN LA CURVATURA DE MONTERREY, SIERRA MADRE ORIENTAL, MÉXICO

Cossio-Torres, T.¹, Chávez-Cabello, G.¹⁻² y Peterson-Rodríguez, R.H.¹

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UNANL
Apdo. Postal #104, Linares, N.L., 67700, México

² Unidad de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM
Apdo. Postal #1-742, Santiago de Querétaro, Qro., 76001, México

En la parte noreste del Cinturón Plegado y Cabalgado de la Sierra Madre Oriental, dentro de la Curvatura de Monterrey, existen macro y meso-estructuras que evidencian la inversión del paleoesfuerzo principal máximo de una orientación NNE-SSW, durante todo el desarrollo del plegamiento flexural, a una posición cercanamente E-W durante la etapa final de la deformación Laramídica. Lo anterior se documentó en la parte central de la Curvatura de Monterrey, especialmente en los flancos de los pliegues anticlinales de: Los Muertos, San Blas, Clavelillas, El Topo y Santa Cruz. Los resultados del paleoesfuerzo obtenido son comparables a los determinados en la Sierra de Parras Coahuila. Lo anterior implicaría, en primera instancia, que la inversión del paleotensor de esfuerzos no es producto de un efecto local de la deformación dentro de la Curvatura de Monterrey, sino que debió haber existido un pulso de deformación posterior al desarrollo flexural principal del Cinturón Plegado y Cabalgado de la Sierra Madre Oriental en el Noreste de México.

GET-03

MESOESTRUCTURAS UTILIZADAS EN LA RECONSTRUCCIÓN DE PALEOESFUERZOS, QUE DEFINEN LAS CUATRO ETAPAS DEL PLEGAMIENTO FLEXURAL DURANTE EL DESARROLLO DEL ANTICLINORIO DE LA CASITA EN LA SIERRA DE PARRAS

Peterson-Rodríguez, R.H.¹, Cossio-Torres, T.¹, y Chávez-Cabello, G.¹⁻²

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UNANL
Apdo. Postal #104, Linares, N.L., 67700, México

² Unidad de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM
Apdo. Postal #1-742, Santiago de Querétaro, Qro., 76001, México

Entender los mecanismos de generación de cada una de las mesoestructuras desarrolladas bajo un modelo de plegamiento flexural, es fundamental en la reconstrucción de paleoesfuerzos. El análisis de mesoestructuras en el Anticlinorio de La Casita en la Sierra de Parras, permitió entender la evolución de dicho Anticlinorio e identificar las cuatro etapas que definen a un plegamiento flexural característico de los Cinturones Plegados y Cabalgados a nivel mundial. Las estilolitas tectónicas 1a, representan a la primer etapa denominada “Acortamiento pre-flexura”. Las juntas de cizalla dispuestas sobre planos de estratificación denominadas hk0 con ángulo agudo al eje a y fallas inversas desplazando estratos horizontales, representan a la segunda etapa denominada “Inicio del plegamiento”. La cizalla paralela a la estratificación, el desarrollo de fallas de rumbo retomando planos de

fracturas pre-existentes, fallas normales en las zonas de charnela de los macropliegues y un fracturamiento hidráulico, dan evidencia de la tercer etapa llamada “Desarrollo finito del pliegue”, y por último, el desarrollo de fallas inversas localizadas en los flancos inversos de los pliegues que cortan perpendicularmente a la estratificación en posición vertical, arreglos en escalón dispuestos perpendicularmente a la estratificación vertical y un intenso boudinage, testifican a la cuarta etapa nombrada “Acortamiento post-flexura”. Las mesoestructuras que definen a estas cuatro etapas, se desarrollaron bajo una deformación progresiva, durante la Orogenia Laramídica.

GET-04

EL MESOZOICO EN LAS ÁREAS DE “LA BALLENA-PEÑÓN BLANCO”, CERROS DE “LA TINAJA-LA PINTA”, “PICO DE TEYRA” Y “CAOPAS-EL RODEO”, ZACATECAS: TRIÁSICO-JURÁSICO-CRETÁCICO, DESCRIPCIÓN SEDIMENTOLÓGICA, ESTRATIGRÁFICA Y TECTÓNICA

Jesús Nájera-Garza, José de Jesús Parga-Pérez y José Gumaro Ortiz-Valdez

Unidad Académica de Ingeniería de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad Autónoma de Zacatecas

Esta investigación geológica, que está en proceso de realización, 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 impactarán, 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 Esquisto 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.

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; muy intemperizada, visible 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 la Fm. Nazas; lo que induciría a deducir que el denominado “Terreno Guerrero”, 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 Taponá, al NW de Charcas, S.L.P.; que se reporta perforó una sección de 4,600 m de metasedimentos triásicos.

Esta 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, de calizas, en estratos delgados y medianos, con capas de lutitas parcialmente filitizadas y esquistosas; aparece sobre la Fm. Ballena del Triásico-con amonoides. En el área de la Mina Real de Ángeles, Mpio., Villa 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.

GET-05

TECTÓNICA DISYUNTIVA EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL DURANTE EL PALEÓGENO SUPERIOR Y EL NEOGENO

Alfredo Cervantes Sánchez

Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas

La sierra Madre Oriental (SMO) ha sido afectada por diversos sistemas disyuntivos durante su desarrollo evolutivo. En la etapa neotectónica se pueden diferenciar en el relieve tres sistemas principales de fallas: 1) normal longitudinal, 2) normal transversal, y 3) de cizalla transversal. El primero y mas antiguo tiene una dirección NW-SE paralela a las principales divisorias. Este sistema

ha venido actuando desde el mesozoico hasta el cenozoico. La información microtectónica permite establecer que dicho sistema, al menos en la falla frontal Tamaulipas, ha sido sometido al accionar de diferentes campos de esfuerzos durante su evolución, lo cual dio origen a una inversión tectónica de tipo compresión-tensión. El segundo sistema surge y se desarrolla durante el paleógeno superior y el neógeno. Tiene una orientación NE-SW y junto con el primer sistema le da a la sierra una estructura en bloques de tipo tafrogénico. El sistema de cizalla transversal tiene un orientación variable de latitudinal a NE-SW, lo más probable es que se origine durante el neógeno, ya que afecta y desplaza las divisorias principales del edificio montañoso. La génesis de las estructuras transversales probablemente este asociada con los campos de esfuerzos que dieron lugar al Cinturón Volcánico Transcontinental Mexicano. El volcanismo de traps de tipo toleítico en la sierra y en la zona de transición con la planicie costera evidencia el carácter profundo de estos sistemas. Las fallas normales y las zonas de denudación laminar permiten distinguir una estructura externa en arco-bloque, asociada con pliegues de basamento de gran radio de curvatura ocasionados probablemente por anomalías isostáticas.

GET-06

LA OROGENIA LARAMIDE?: UN EVENTO DE LEVANTAMIENTO, DE DEPOSITO Y MAGMATISMO EN SONORA NORTE CENTRAL

Rodríguez-Castañeda, J.L.¹, García y Barragán, J.C.¹ y Anderson, T.H.²

¹ Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM
Apdo. Postal #1039, Hermosillo, 83000, Son., México

E-mail: jlrod@servidor.unam.mx

² Department of Geology and Planetary Sciences, University of Pittsburgh
Pittsburgh, PA., 15260, USA

En la mayor parte del siglo XX la Orogenia Laramide en Sonora ha sido reconocida como el evento causante de la deformación que presentan particularmente las rocas del Grupo Bisbee del Jurásico Tardío-Cretácico Temprano, donde compresión (plegamiento y cabalgamiento) es la característica que se ha reportado al través de los años. También, esta orogenia se ha ligado a la evolución de la placa Farallón en el intervalo 75 a 40 Ma.

Estudios estructurales recientes han documentado sobre todo extensión mesozoica y terciaria en la región de Banámichi-San Antonio. Las evidencias principales son discordancias angulares y fallamiento normal que ponen rocas jóvenes encima de rocas más antiguas. La evolución del área de estudio parece haber comenzado al menos desde el Jurásico Temprano con el desarrollo de un arco magmático tanto continental como marino. La extensión presente en este tiempo se relaciona con la intrusión de los plutones jurásicos. Para el Jurásico Tardío se desarrollaron lineamientos estructurales orientados al noroeste que dan lugar a la formación de cuencas, entre las que destacan las cuencas San Antonio-Banámichi y Bisbee. Estos lineamientos delimitan a lo que se le ha llamado el Alto de Cananea que controló la evolución estructural del área hasta el Terciario. Los sedimentos agrupados en el Grupo Bisbee representan y contienen el registro de una fase de extensión temprana que se asocia con la apertura del Golfo de México. A finales del Cretácico Temprano ocurre otra fase de depósito que por sus características (deslizamientos, derrumbes, flujo de detritos) se puede considerar sedimentación de flujos de sedimentos por

gravedad y/o deslizamientos de masa por gravedad dentro de una cuenca limitada por fallas. En el Cretácico Tardío se inicia el depósito de la Formación El Tuli, una secuencia volcanosedimentaria de aproximadamente 10 km. De aproximadamente 97 Ma hasta al menos 55 Ma puede ser el tiempo de evolución que se propone para la Formación El Tuli.

Un incremento en el tectonismo durante el Albiano-Cenomaniano reflejado en la deformación registrada en las rocas del Cretácico Temprano parece ser resultado de un cambio importante en el movimiento entre las placas Farallón y Norteamericana, es decir, la convergencia era oblicua durante el Aptiano-Albiano, mientras que en la transición Albiano-Cenomaniano la convergencia fue normal dando lugar al inicio de un arco magmático durante el Cretácico Tardío. Los periodos de subducción son seguidos por cambios en la deformación regional, es decir, de una contracción normal a la trinchera a una extensión normal a la trinchera con la formación de batolitos. El emplazamiento muy amplio de magma (99-36 Ma) junto con una acumulación de sedimentos de magnitudes importantes, produce inestabilidad gravitacional que conduce a extensión a niveles corticales superiores y quizás contracción a niveles más bajos dentro de la corteza.

La identificación de levantamientos cretácicos en Sonora cambia la percepción de la evolución tectónica y termal, y permite reevaluar la interpretación de la extensión terciaria basada en la presunción de que todas las fallas normales sean de edad Terciaria y también que todas las fallas de bajo ángulo en la región sean cabalgaduras.

GET-07

EL SINCLINORIO DE ZACANGO, UN PLIEGUE DEFORMADO EN DOS FASES EN LA PLATAFORMA GUERRERO-MORELOS

Elisa Fitz Díaz¹ y Ma. Fernanda Campa Uranga²

¹ Instituto de Geología, UNAM

² Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, UAG

El Sinclinorio de Zacango es una estructura regional desarrollada en la Plataforma Guerrero-Morelos, en la cual se observan dos fases de deformación sobrepuestas: la primera fase afecta a rocas marinas cretácicas, y se le asigna una edad Cretácico superior-Paleoceno(?); la segunda deforma a capas continentales de edad eocénica que se encuentran en el núcleo del pliegue, y a las ignimbritas ácidas de edad oligocénica, que cubren la terminación periclinar Norte de la estructura. Esta segunda fase es de posible edad miocénica.

El Sinclinorio de Zacango se encuentra en el extremo oriental-central de la Plataforma Guerrero-Morelos, cuyo límite oriental es la Cabalgadura de Papalutla, la cual sobrepone a cuarcitas y filitas paleozoicas de la Formación Cosoltepec sobre calizas de la Fm. Morelos y con capas rojas de la Fm. Zicapa. La Cabalgadura de Papalutla, al igual que el Sinclinorio de Zacango, tiene un rumbo general NE-SW, no obstante, mientras la Cabalgadura de Papalutla tiene vergencia al NW, el Sinclinorio de Zacango tiene vergencia al SE. El análisis de datos de foliación y de planos axiales, tomados en el frente de la cabalgadura y en ambos flancos del sinclinorio, respectivamente, muestra un campo de esfuerzos similar, por lo cual ambas estructuras pudieron haber sido sincrónicas producto de la primera fase de deformación.

Tres sistemas de fallas regionales limitan al Sinclinatorio de Zacango. En la parte Sur, este pliegue es truncado por el Sistema Iguala, con rumbo general NW-SE. Por otro lado, los flancos del Sinclinatorio de Zacango están cortados por los Sistemas Tuzantlán y Apango-Copalillo, con rumbo NE-SW, de edad miocénica. Estos sistemas corresponden a fallas compuestas laterales-normales, y sugieren que la deformación de tipo compresivo de las capas rojas en el núcleo de este pliegue, pudo haber sucedido en una zona transpresiva relacionada con estos dos sistemas de fallas.

Un modelo de evolución del Sinclinatorio de Zacango podría ser el siguiente: 1) formación de la columna sedimentaria cretácica de la Plataforma Guerrero-Morelos; 2) deformación por plegamiento de esta columna a finales del Cretácico y principios del Terciario, se forma inicialmente el Sinclinatorio de Zacango y la Cabalgadura de Papalutla; 3) erosión parcial y acumulación de sedimentos continentales en el núcleo de este pliegue durante el Eoceno(?); posteriormente, en el Oligoceno, estas rocas son cubiertas por ignimbritas de composición ácida; 4) antes del Mioceno, el pliegue fue roto en la parte Sur por el Sistema Iguala; 5) en el Mioceno, los sistemas Tuzantlán y Apango-Copalillo forman zonas transpresivas y transtensivas, una de las zonas transpresivas incluye al Sinclinatorio de Zacango, y como consecuencia se pliegan las capas rojas terciarias en la nariz del pliegue.

GET-08

RESULTADOS PRELIMINARES DE GRAVIMETRÍA Y MAGNETOMETRÍA EN LA ZONA DE SUTURA ENTRE DOS TERRENOS TECTONOESTRATIGRAFICOS EN CENTRALES DE OAXACA

Belmonte-Jiménez S.I.^{1,2}, Campos-Enriquez J.O.², Aragón-Sulik M.¹, Bautista-Belmonte A.¹ y Navarro-Mendoza S.

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

² Instituto de Geofísica, UNAM

La geología en la entidad Oaxaqueña es una de las más complejas del País, debido a los diferentes eventos tectónicos superpuestos que existen en su territorio (Carfantan, 1981), manifestándose en diversas unidades litológicas que afloran. En este estado ubicado al sur de México, se han reconocido sectores de la corteza continental cuyo basamento cristalino expresa diferentes condiciones de formación. Los límites de tales sectores corresponden a discontinuidades estructurales mayores, de esta manera fueron postulados la existencia de los terrenos tectonoestratigráficos Xolapa (Chatino), Mixteco, Oaxaca (Zapoteco), y Juárez (Cuicateco) (Campa y Coney, 1983) y redefinidos por Sedlock, *et al.* (1993).

Estos terrenos tectonoestratigráficos presentan diversos patrones de discontinuidades antes y durante del Cenozoico como en el sector Valle de Oaxaca-Miahuatlán que se emplazó en el límite entre los terrenos Oaxaca y Juárez que lo circundan al norte. Se considera a la falla Oaxaca como el límite entre los dos Terrenos antes mencionados y representa la zona de sutura entre ambos actuando como una falla maestra.

Se han realizado estudios de gravimetría y magnetometría para caracterizar la zona de sutura entre los terrenos tectonoestratigráficos Zapoteco y Cuicateco, determinando los principales lineamientos estructurales y estimando la profundidad a la cima del basamento utilizando la Deconvolución de Euler. La modelación de perfiles permitió interpretar que los Valles de Etlá y Zaachila se asocian a una fosa de origen tectónico, donde el basamento corresponde al Complejo Oaxaqueño que aflora al norte de la ciudad de Oaxaca.

GET-09

DEFORMACIÓN COMPLEJA DE EDAD PALEOCENO-EOCENO EN GUERRERO ORIENTAL Y SU POSIBLE RELACIÓN CON LA ACTIVACIÓN DE LA FRONTERA CARIBE-NORTEAMÉRICA

Luca Ferrari¹ y Mariano Cerca²

¹ Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, Campus Juriquilla, UNAM

E-mail: luca@unicit.unam.mx

² Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNICIT, Campus Juriquilla, UNAM

Las investigaciones que hemos llevado a cabo recientemente en la parte oriental de la plataforma Guerrero-Morelos indican que existen importantes deformaciones de tipo torsional y de cizalla simple superpuestas a la tectónica esencialmente cilíndrica de edad Laramida. En el cuadrante NE de la región estudiada la evidencia mayor de este tipo la representa la Falla de Papalutla y las estructuras compresivas asociadas a esta última (véase Cerca y Ferrari, este volumen, para los detalles) que involucran a rocas con edades de hasta 38 Ma. Esta deformación se manifiesta esencialmente con pliegues de orientación de NNE a NE y replegamientos/rompimientos de estructuras laramidas, todo con vergencia al WNW. Casi de manera especular, en el cuadrante SW de la región estudiada, los pliegues Laramidicos de dirección N-S se encuentran replegados y rotos por fenómenos de arrastre relacionados con zonas de cizallas izquierda que constituyen el límite con el complejo Xolapa. Estas últimas son anteriores al plutón de Tierra Colorada, fechado en 34 Ma. En este caso la vergencia de los replegamientos es hacia el ENE. La edad de las rocas involucradas parecen indicar que todas las estructuras mencionadas se desarrollaron durante una sola fase de deformación progresiva anterior al final del Eoceno y posterior a la orogénia Laramide. A nivel regional las estructuras del Terciario inferior parecen definir un campo deformativo tridimensional caracterizado por trayectorias subcircular de la dirección de deformación máxima. Dicha deformación puede explicarse como el resultado de una rotación de bloque(s), en sentido contrario a las manecillas del reloj, alrededor de un eje sub-vertical.

La edad y la cinemática de la deformación sugieren que esta última podría relacionarse con el movimiento temprano hacia el este-sureste de la placa del Caribe (Bloque Chortis) y, particularmente, con la formación de la zona de cizalla izquierda con deformación dúctil que limita al norte el complejo Xolapa. Esta última tiene evidencias de un movimiento con componente tanto lateral izquierdo como vertical (detachment). Análogamente la deformación que observamos en la parte oriental de la plataforma Guerrero-Morelos indica movimientos compatible con una cizalla izquierda con una componente vertical. Sin embargo nuestro estudio indicaría que el movimiento temprano de la placa del Caribe se

desarrollaría a través de una zona de deformación por cizalla que se extiende por lo menos 150 km al norte del límite de placa. Especulamos que el inicio del movimiento hacia el ESE de la placa Caribe durante el Paleoceno-Eoceno se haya desarrollado a través de un límite de placa difuso con movimientos transtensivos y transpresivos izquierdos, consistentes con la deformación dúctil de la misma fecha observada en el complejo Xolapa, y que posteriormente la deformación se haya concentrado a lo largo de un límite de placa mas linear. En este marco, la deformación observada en el área de estudio puede explicarse como el movimiento de bloques semi-rígidos de la corteza frágil flotando por encima del flujo lateral de la corteza inferior dúctil.

GET-10

EDAD Y CINEMATICA DE LA DEFORMACIÓN ASOCIADA A LA FALLA DE PAPALUTLA, GRO.

Mariano Cerca¹, Luca Ferrari² y Margarita López-Martínez³

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNICIT, Campus UNAM, Juriquilla

² Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra, Campus UNAM, Juriquilla

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

Presentamos resultados preliminares del estudio tectónico de la deformación relacionada a la Falla de Papalutla (FP) que tienen implicaciones importantes para entender la evolución geológica del sur de México. La FP es una estructura que marca un cambio abrupto en litología y edad entre las rocas cretácicas de la Plataforma Guerrero Morelos y paleozoicas del Complejo Acatlán (CA) y había sido definida como una cabalgadura con una dirección general NNE-SSO. Como resultado de nuestro estudio documentamos que la FP es una falla inversa solo en su tramo central donde el CA cabalga a calizas de la Formación Morelos a lo largo de un plano con rumbo general E-NE y una inclinación hacia el SE menor a 30°. La dirección de transporte no es evidente por lo que la estructura podría tener una componente lateral significativa. La cabalgadura aflora continuamente desde Chila de Las Juntas hasta el poblado de Papalutla a lo largo del Río Atoyac-Mezcala. Al sur y al norte de estos puntos la cabalgadura pierde su expresión en superficie observándose anticlinorios volcados al NO con rumbo N 45° E. En los anticlinorios el CA subyace a la formación Zicapa y esta a la formación Morelos. Ambas se encuentran fuertemente inclinadas hacia el NO.

Hacia el frente poniente de la FP se observa una amplia franja de deformación (aproximadamente 60 km) paralela al rumbo general NE de los anticlinorios, la cual afecta tanto a estructuras laramídicas de dirección N-S como al relleno de cuencas vulcanosedimentarias del Terciario. Esta deformación interfiere de forma compleja con las estructuras laramídicas rotando los ejes verticales de pliegues y cabalgaduras y volcándolos hacia el poniente. Ejemplos de esta interferencia pueden observarse en el anticlinorio de San Juan de Las Joyas donde se observan pliegues volcados al SW y rotación de las estructuras en sentido contrario a las manecillas del reloj. El anticlinorio de Atenango del Río, presenta evidencias de ruptura del eje vertical consistentes con un sentido de transporte de la deformación hacia el NW.

Las cuencas vulcanosedimentarias del Terciario de Copalillo-Zopiloteitlan y Tuliman-Tuzantlan presentan un relleno formado por lechos rojos, intercalados con volcánicos subyaciendo en discordancia angular a una secuencia vulcanolacustre que incluye

ignimbritas, tobas y yesos. El plegamiento se observa en toda la secuencia y es compatible con un acortamiento de rumbo NW, pero es más intenso en los lechos rojos (Fm. Balsas). Una muestra de ignimbrita de la secuencia superior arrojó una edad 40Ar-39Ar de 38 ± 0.5 Ma, misma que se considera marcar el final de la deformación asociada a la FP.

El reconocimiento de un episodio de deformación de edad Eoceno relacionado con la FP y coincidente con el paso del Punto triple Norteamérica-Cocos-Caribe al sur de la zona manifiesta la importancia de este último evento sobre la tectónica del sur de México.

GET-11

ELECTRON PARAMAGNETIC RESONANCE IN RESEARCH OF TECTONIC PROCESSES

M. Kakazey, R.J. Romero-Dominguez, J.G. Gonzalez-Rodriguez, G. Burlak and M. Vlasova
Autonomous University of Morelos, UAEM, CHICAp

We consider the advantages on the use of electronic paramagnetic resonance (EPR) as a method to study the nature of tectonic faults. The experimental observation of the change of EPR signals in solids subject to a critical mechanical load that result in their destruction (compression up to $P=10$ GPa, crushing etc.) is the basis of this contribution. The dependence of the shape of the EPR-signal on the conditions that lead to its destruction shows that the paramagnetic states may play the role of a probe on the actual process. The real destruction process is accompanying by a formation of defects of various types in the destruction zone. These defects influence the EPR-signals shape arising from the paramagnetic centers, already existing in the environment on destruction. In addition, some of the defects formed at the destruction may demonstrate the paramagnetic properties, such as the color centers. In turn, the new-formed defects are exposed to the influence of the various power sources accompanying the process of destruction (for instance, the ionizing radiation, the thermal effects etc.). The reorganization of newformed defective structure depends both on the intensity and duration of such an influence. Such updating has a local character. Thus, in-depth study both qualitative and quantitative characteristics of the EPR-spectra of the samples which are taken from the various breaks places, may provide the useful information for modeling the real processes acting at formation of faults of the Earth's crust.

GET-12

APATITE FISSION TRACK AGES FROM BAJA CALIFORNIA PENINSULA AND SONORA: HETEROGENEOUS COOLING HISTORY OF CRETACEOUS GRANITES

Thierry Calmus¹, Erika Labrin² and Jaime Roldán-Quintana¹

¹ Instituto de Geología, Estación Regional del Noroeste, UNAM
Hermosillo, Son. México

² Laboratoire de Géologie des Chaînes Alpines, Université Joseph Fourier, Grenoble, France

New apatite fission track (AFT) data from Baja California Peninsula and Sonora shed light on the cooling and tectonic history of Cretaceous intrusive rocks in both regions. In the peninsula, if we except the Los Cabos block where some crystalline rocks

experimented rapid Mid-Upper Miocene tectonic exhumation related to the activity of the San José del Cabo fault (Fletcher *et al.* 2000), several samples indicate relatively rapid cooling after emplacement during Late Cretaceous and Paleogene. It is the case of granitic rocks located northwest of Loreto, from the Concepción Peninsula and Cataviña area, and finally from the northeastern part of the Sierra San Pedro Martir with AFT ranging between 74.4 ± 3.8 and 57.2 ± 2.2 Ma. The youngest AFT ages that we obtained from the Peninsula are: 25.9 ± 2.2 Ma for the granitic basement of the western margin of the ocean basin located between the tip of the peninsula and the Tres Marias escarpment (ODP, Leg 64, site 476); 24.7 ± 2.6 Ma for the Cretaceous granite cropping out between Loreto and Bahía Concepción, west of Cerro Mencionares; and 44.1 ± 3.6 Ma for the granite of Agua Amarga, near Bahía de Los Angeles. These results and track length distributions suggest that exhumation and cooling of Cretaceous basement along the Baja California Peninsula are older than the opening of the Gulf of California.

AFT ages of samples from Sonora along an E-W transect between the Gulf of California and Maycoba in the Sierra Madre Occidental range between 32.7 ± 1.6 and 16.2 ± 1.1 Ma, which suggest that denudation of intrusive rocks is mainly related to the Oligo-Miocene extension. Inside the same pluton of Potrero de Galindo (central Sonora) two different AFT ages (23.9 ± 0.7 Ma to the west and 18.4 ± 0.7 Ma in the central part) indicate a possible tilting of the pluton to the east. Except local variations of AFT ages as above-mentioned, AFT ages are progressively younger from east to west along the transect. This evolution may be related to a migration of the Basin and Range extension from east to west in Sonora, as well as volcanism. Nevertheless this section do not yield AFT ages of Late Miocene as we obtained in previous works along the coast of Sonora, or in the Hermosillo area.

GET-13

DISTRIBUCIÓN DE LONGITUDES Y DENSIDAD DE FRACTURAS EN EL GRANITO LAS CRUCES, LA PAZ, B.C.S.

Angel Francisco Nieto-Samaniego¹, Susana A. Alaniz-Alvarez¹, Shunshan Xu¹, Gustavo Tolson², Klavdia Oleschko² y Antonio Pérez-Venzor³

¹ Instituto de Geología, UNICIT, UNAM
Apdo. Postal 1-742, Querétaro, Qro., 76001, México

² Instituto de Geología, UNAM
Apdo. Postal 70-296, México, D.F., 04510, México

³ Depto. de Geología Marina, UABCS
Apdo. Postal 19-B, La Paz, B.C.S., 23080, México

En este trabajo presentamos los primeros resultados del estudio realizado en las fracturas observadas en el granito Las Cruces, el cual aflora al oriente de La Paz, BCS. Este granito es afectado por la Falla de Los Planes, la cual es una falla de tipo normal que presenta el desarrollo de un intenso fracturamiento y una franja de pseudotaquilitas. El estudio se realizó por medio de fotografías tomadas con una cámara fotográfica convencional, usando longitudes de los campos visuales horizontales de 104, 103 y 102 mm. Los parámetros analizados fueron: la longitud total de fractura ($L = \sum L_i$), la intensidad de fractura ($I = \sum L_i / A$), la densidad de fractura [$D = (1/A) \sum (L_i^2/2)$] y el exponente de la longitud de fractura acumulada (C). Observamos que L, I y C guardan una relación de potencia. Debido al efecto del área L e I muestran variaciones, con

exponentes de ca. 0.6 y -0.4 respectivamente. Sin embargo, para cada escala, hay una gran dispersión de I, reflejando que existen diferentes grados de fracturamiento. El parámetro D elimina el efecto del área, observándose que sus valores permanecen constantes dentro de tres órdenes de magnitud, lo que interpretamos como indicativo de independencia de escala. También se observa que D permanece <3 aún para las muestras más fracturadas, sugiriendo que existe un límite máximo en la densidad de fractura. La longitud de fractura se analizó con tres métodos distintos: la longitud acumulada de las trazas de fracturas muestra valores de C que se aproximan a -1.87; usando conteo de cajas se obtuvo un valor de ca. -1.86 y usando imágenes filtradas por el método de dimensión fractal local se obtuvo -1.85. Nuestros datos indican que la densidad de fractura tiene un límite máximo, que la distribución de longitudes de fractura es autosimilar y que el conteo de cajas sobre trazas de fracturas recupera adecuadamente las distribuciones de longitudes.

GET-14

ESTUDIO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DEL INTRUSIVO "CERRO MERCADO", PROVINCIA ALCALINA ORIENTAL MEXICANA

Porras-Vazquez, M.A.¹, Chávez-Cabello, G.^{1,2}, Tovar-Cortés, J.A.¹, Valdez-Reyes, M.A.¹, Cano-González, A.¹, y Terrazas-Calderón, G.D.¹

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
Apdo. Postal #104, Linares, N.L., 67700, México

² Unidad de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM
Apdo. Postal #1-742, Santiago de Querétaro, Qro., 76001, México

Estudios estructurales sobre las rocas encajonantes de los cuerpos intrusivos existentes dentro de la Provincia Alcalina Oriental Mexicana (PAOM) no han sido realizados. Aquí se presentan resultados del análisis estructural realizado sobre las rocas encajonantes y el borde del intrusivo del Cerro Mercado, localizado dentro del Cinturón Candela Monclova (CCM). Lo anterior se efectuó debido a la identificación de una serie de fallas periféricas en la porción oriental de este cuerpo. El interés de trabajar este tipo de fallas y un sinnúmero de mesoestructuras observadas, es con el objetivo de separar la relación genética de estas, es decir si su origen se debe a procesos de transferencia de materiales durante el emplazamiento del cuerpo magmático, o fueron desarrolladas durante el evento de deformación regional que originó al Cinturón Plegado de Coahuila (CPC). La deformación regional sugiere que un evento transpresivo, quizás de edad Laramídica (Terciario inferior), generó los plegamientos y disparó diapirismo sobre los núcleos de las estructuras anticlinales presentes en el CPC. El interés de estudiar las fallas presentes en la periferia de los cuerpos intrusivos y sobre las zonas de culminación de ejes de pliegues regionales, es también con el objetivo de determinar la relación temporal entre los emplazamientos magmáticos y la deformación regional, con lo cual se podría fechar el evento de deformación regional. Para el caso del intrusivo del Cerro Mercado, las fallas periféricas están asociadas al emplazamiento, debido a la orientación sistemática que guarda el esfuerzo principal máximo con respecto al contacto intrusivo-roca encajonante. Sin embargo, zonas de cizalla con deformación milonítica han sido identificadas dentro del cuerpo intrusivo, lo cual sugiere deformación no asociada al emplazamiento. Estas zonas de cizalla deben ser caracterizadas en detalle para determinar su origen.

THE DISTRIBUTION OF FAULT SIZE AND TOTAL FINITE STRAIN DERIVED FROM SMALL FAULTS IN THE SIERRA DE SAN MIGUELITO, MEXICO

Xu S-S., Nieto-Samaniego A.F. and Alaniz-Álvarez S.A.
Instituto de Geología, Unidad de Investigación en Ciencias de la
Tierra, UNAM

Apdo. Postal #1-742, Querétaro, Qro., 76001, México

A fractal is a shape made of parts similar the whole in some way. This emphasizes the relationship between fractal and self-similarity, i.e. scale invariance. It is evident that in the nature a fractal distribution is the only statistical distribution that is scale invariant excepting exact mathematical models.

Generally, it is assumed a fault with minor displacement produces a small strain, so the total strain due to all small faults usually is negligible. But we can not test this assumption, because it is imposible to measure completely the great number of small faults that may exist in a specific region. Scholz and Cowie (1990) proposed that if a relationship between displacement and fault trace length can be established for a population of faults in a deformed region, the total brittle strain can be calculated when only the length, or the displacement, distribution of faults is known. In addition to the strain, scaling relationship has been also used to predict the relative numbers, the spatial distribution.

The Sierra de San Miguelito is relatively tumescent area and is constituted by a large amount of silicic volcanic rocks from middle to late Cenozoic. The faults in San Miguelito are characted by domino normal fault with nearly parallel strike of fault. We can draw following conclusion after studying its distribution of fault size:

(1). The distribution of fault size obeys power-law distribution. The box-dimension (1.39) is close to the exponent of fault length distribution (1.46), which indicate the box-counting technique is valid for estimating exponent of fault length distribution in our studied area. The exponent of fault displacement distribution is 0.687. This value is similar to previous results obtained by many workers;

(2). The displacement-length relationship for faults like San Miguelito is not linear. This may be due to non-homogeneous rocks like volcanic domes;

(3). The strain due to small faults is 45% of the strain due to all faults in our studied region. Our result is similar to the value for vertical shear model. It expresses deformation of domino fault is mainly due to vertical shear with small rigid-body rotation.

Reference

- Scholz, C.H. and Cowie, P.A. 1990. Determination of geologic strain from faulting using slip measurement. *Nature* 346, 837-839.
- Mandelbrot, B.B., 1986. Self-affine fractal sets, in *Fractals in Physics*, eds. Pietronero L. and Tosatti E., Elsevier Sci. Publ. B.V.

TIMING OF MULTIEPISODIC DEFORMATION BASED ON THE STUDY OF CONTINENTAL CLASTIC DEPOSITS AND VOLCANIC ROCKS, EAST-CENTRAL CHIHUAHUA, MÉXICO

José Jorge Aranda-Gómez¹, Todd B. Housh², James F. Luhr³,
Tim Becker⁴, Gregorio Solorio Munguía¹ and Enrique
Martínez⁵

¹ UNICIT, Instituto de Geología, UNAM

² University of Texas at Austin

³ Smithsonian Institution

⁴ Berkeley Geochronology Center

⁵ Instituto de Geología, UNAM

Reconnaissance work around the Plio-Pleistocene Camargo Volcanic Field (CVF) has shown the existence of isolated outcrops of gravel and/or sand deposits. Lithologies of these continental units are quite variable, ranging from nearly oligomictic calcareous gravel and sand to polimictic gravelly sand deposits formed mainly by volcanic clasts. Contact relations with rocks of the 40-31 Ma Agua de Mayo Volcanic Group (AMVG: K-Ar, Smith, 1993), Eocene and Miocene andesitic sills, and the lavas of the CVF can be used to establish their relative position in a composite stratigraphic sequence and to bracket their absolute age. The oldest clastic deposit occurs as a belt, ~5 km wide parallel to the eastern flank of Sierra Las Pampas. Exposure in this area is very poor as the surface of these gently rolling hills is covered by float derived from the gravel deposit. The shallow drainage system developed in the gravel is not deep enough to show the nature of the sequence. Road cuts along the Camargo-Ojinaga road, east of Cerro El Jabali, show that the gravel deposit is mostly formed by clasts derived from the nearby Mesozoic limestone ranges and by very rare fragments of granite, mylonite (?) and volcanic rocks. The sequence is massive to distinctly bedded and has a SW dip that varies from 40 to 70°. Road cuts extend over a distance of ~1200 m and neither the base nor the top of the unit is exposed. Therefore, total thickness of the sequence is unknown, but exceeds 1000 m. Grain size and angularity of the fragments increase to the west, where Mesozoic limestone crops out. Likewise, crystalline basement fragments (granite and mylonite?) and clasts of limestone with slickensides are more common in that direction where the deposit tends to be massive. Layering improves to the east and sand content increases, either as matrix or in separate beds. Cross bedding and clast imbrication indicate eastward transport direction. We dated an andesitic sill (⁴⁰Ar/³⁹Ar = 45.82 ± 0.08 Ma, hbl), which indicates that the minimum age of the gravel is Eocene. The structural attitude of bedding is consistent with a rollover fold, suggesting that accumulation of the clastic sequence and emplacement of the sill was synchronous with tectonic activity and predated the onset of voluminous volcanism in the area represented by the AMVG. Palynological study of two samples collected in medium to coarse sand layers, shows an assemblage with dominance of *Quercus*, *Pinus*, and *Carya*. These are wind-pollinated plants that occur throughout the Tertiary of Mexico, forming plant communities 1000 to 3000 m.a.s.l. One of the samples also contains fresh-water algae of the genus *Botryococcus*, taxa that form blooms, mostly in eutrophic and hard-water lakes. Near the base of the Aguachile syncline occurs a polymictic, medium- to coarse-grained, poorly sorted, yellow sand sequence. This is partially covered by talus deposits derived from the overlying units, which include a porphyritic andesite lava series (K-Ar: ~32 Ma) and a felsic ash-

flow tuff (K-Ar: ~ 31 Ma, Smith, 1993). West of the northern end of the Aguachile syncline is exposed a similar clastic deposit that is intruded by an andesitic sill ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar} = 13.97 \pm 0.08$ Ma). Sill and sand were folded and faulted during the interval between intrusion of the sill and formation of the CVF ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar} < 4.69 \pm 0.06$ Ma). Deformation is attributed to re-activation of a basement fault during a pulse of Miocene extension. In several localities along the edges of the lava plateau and in fault scarps in the central graben of the CVF, an oligomictic gravel and sand deposit made of limestone, volcanic clasts derived from the AMVG, and petrified wood crops out. This deposit and the mafic alkaline rocks of the CVF are both cut by Plio-Pleistocene normal faults and lack evidence of folding. Combined study of continental deposits, igneous rocks and structural features is the key to unravel the complex tectonic evolution of the area.

GET-17

DEFORMACIÓN Y MAGMATISMO CENOZOICOS EN LA CUENCA DE SABINAS, COAHUILA, MÉXICO: INVESTIGACIÓN DOCTORAL

Chávez-Cabello, G.^{1,2} y Aranda-Gómez, J.J.²

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

Apdo. Postal #104, Linares, N.L., 67700, México

² Unidad de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM

Apdo. Postal #1-742, Santiago de Querétaro, Qro., 76001,
México

La edad más reciente de la deformación Laramídica en el Noreste de México es incierta, debido a la erosión del contacto entre sedimentos sin-orogénicos y post-orogénicos depositados en las cuencas de antepaís (foreland) del Cinturón Plegado y Cabalgado de la Sierra Madre Oriental. Se propone un análisis estructural, geoquímico y geocronológico de intrusivos Terciarios dentro del Cinturón Candela Monclova (CCM), perteneciente a la Provincia Alcalina Oriental Mexicana (PAOM), como alternativa viable para determinar la edad más joven de la deformación Laramídica en el Noreste de México. Los métodos de investigación que se emplearán incluyen cartografía geológico-estructural de detalle en cuerpos intrusivos selectos del CCM, muestreo para estudios petrográficos de rutina, análisis microestructural, geoquímica de elementos mayores, traza e isótopos en roca total y fechamientos por las técnicas de K-Ar y U-Pb. Con la información colectada y su interpretación se espera contribuir a: (1) Establecer la edad de la fase más joven de la deformación Laramídica en el Noreste de México, (2) Definir si la deformación Laramídica en el Cinturón Plegado de Coahuila fue acompañada por esfuerzos laterales que ocasionaron deformación transpresiva, lo cual ha sido sugerido por varios investigadores. Si no es así, establecer límites a la edad de operación de un evento de deformación transpresiva regional posterior al Laramídico, finalmente, (3) Investigar y documentar si en la parte norte de la PAOM existió un cambio en el estado de esfuerzos de la corteza, anterior, contemporáneo o posterior a la transición de las fuentes magmáticas, de orogénica a intraplaca, tal como sucedió en la región de Transpecos, Texas, USA.

GET-18

DEFALLAS: UN PROGRAMA DE CÓMPUTO BASADO EN AUTÓMATAS CELULARES PARA MODELAR EL DESARROLLO PROGRESIVO DE SISTEMAS DE FALLAS

Tolson, G., Nieto Samaniego, A.F. y Alaniz Alvarez, S.A.
Instituto de Geología, UNAM

Hemos retomado ideas del trabajo de Claudhos y Marrett (1996) con el fin de explorar el desarrollo de sistemas de fallas. Estas ideas las hemos implementado en un programa que corre bajo el ambiente Windows de 32 bits en plataforma PC. El código está escrito en Pascal Delphi lo cual permite una programación orientada a objetos. Dicho esquema permite la implementación sencilla y versátil de autómatas celulares-estructuras de datos ideales para un modelado de sistemas dinámicos. El lenguaje Pascal Delphi también permite la migración del programa al ambiente XWindows de UNIX y sus variantes como LINUX.

La interfaz de usuario del programa está dividida en dos páginas que a su vez están divididas en un lienzo gráfico a la derecha y una serie de botones, controles gráficos y ventanas de entrada, a la izquierda. La primera página es la responsable del modelado geométrico. El usuario puede generar un número inicial de fracturas Griffith cuya longitud inicial es también fijada por el usuario. El usuario puede modificar los parámetros de crecimiento y aplicar incrementos de deformación al conjunto de fracturas.

El lienzo gráfico de la ventana muestra en todo momento la geometría del sistema de fracturas. Al seleccionar la otra página, el usuario puede crear gráficos de frecuencia, frecuencia logarítmica, y frecuencias acumulativas contra longitud, seleccionando las ventanas de muestreo entre otros parámetros.

El modelo de evolución del sistema se basa tanto en el crecimiento de fracturas individuales por simple propagación de la fractura, así como en el crecimiento repentino de pares de fracturas que se unen formando una fractura más larga. El criterio de fusión de dos fracturas se cumple si la punta de una fractura más corta se encuentra incluida en un círculo cuyo radio es una función de la longitud de la fractura más larga. El círculo se ubica de tal manera que la punta de la fractura larga se localiza en la circunferencia y la fractura es perpendicular a la tangente del círculo en ese punto. Los parámetros de las funciones de propagación y de fusión son fijados por el usuario.

A diferencia de modelos anteriores, el programa incorpora un criterio adicional que denominamos 'eficiencia elástica', a partir del cual el proceso de fusión de fracturas inhibe el crecimiento de fracturas individuales, así preservándolas.

El comportamiento estadístico de las corridas del programa arrojan resultados muy semejantes a datos que hemos obtenido en campo y que cubren rangos de longitud de ocho órdenes de magnitud. Conforme se desarrollan los sistemas de fracturas, los datos de frecuencia muestran claramente los límites de saturación de las escalas pequeñas. Estos límites son representados por picos o 'dientes de serrucho' en los gráficos de frecuencia. Estos límites de saturación ya han sido reportados en la literatura a partir de datos de campo, pero no han sido modelados previamente.

Claudhos y Marrett, 1996, Journal of Structural Geology, 18, pp. 281-294.

GET-19

INDICES BIOESTRATIGRAFICOS DE LAS CUENCAS SEDIMENTARIAS DEL TERCIARIO TARDIO DEL CENTRO DE MÉXICO

Carranza-Castañeda, Oscar y Aguirre-Díaz, Gerardo
UNICIT, UNAM

Juriquilla, Querétaro, Qro., 76230, México

E-mail: oscar@servidor.unam.mx
(PAPIIT-IN-120999)

Ubicación: Cinturón Volcánico Mexicano

En la parte central de la Faja Volcánica Transmexicana, se encuentran diferentes cuencas sedimentarias que se formaron desde finales del Oligoceno, durante el Mioceno y el Plioceno, paralelamente al desarrollo de esta provincia volcánica. Las cuencas se formaron como fosas tectónicas debido a fallamiento normal y/o por bloqueo de drenajes por productos de origen volcánico. Para poder definir el tiempo de formación de estas cuencas y su historia de sedimentación es necesario conocer su contenido fósil, para poder realizar la correlación estratigráfica entre ellas.

Desde su formación y durante los procesos de sedimentación, ocurrieron eventos geológicos asociados que dieron origen a lagos, arroyos y llanuras de inundación cuyas evidencias se encuentran registradas en la secuencia estratigráfica. Estas condiciones aunadas a la posición geográfica de las cuencas, propiciaron condiciones ecológicas adecuadas para el desarrollo de grandes ecosistemas, cuya historia se encuentra en su secuencia estratigráfica. Además, el altiplano mexicano fue un eficiente corredor que permitió el desplazamiento de faunas, en principio en Norteamérica, y una vez establecido el Puente Panameño, el intercambio de faunas entre las Américas. Los registros de estas faunas, han quedado incluidas en la secuencia bioestratigráfica de las cuencas sedimentarias. Sin embargo, sólo hasta años recientes, se ha iniciado formalmente el estudio de la bioestratigrafía de estas cuencas. En los primeros trabajos donde se describió el contenido fósil de ellas, carecen de importante información, las localidades donde se recolectaron los especímenes que se describieron nunca se correlacionaron por carecer de información estratigráfica, errores de determinación taxonómica, por falta de material diagnóstico o material insuficiente para conocer el rango de variabilidad en los individuos de una población, y lo más importante, por el desconocimiento de los índices bioestratigráficos de cada una de las edades de mamíferos que hicieran posible la correlación de estas faunas. Estas insuficiencias se han ido eliminando, por los resultados obtenidos en las recientes investigaciones que se han realizado, especialmente en la cuenca de San Miguel de Allende, en el estado de Guanajuato. En esta cuenca, se ha descrito en superposición dos asociaciones faunísticas que representan dos edades de mamíferos del Mioceno tardío, Henfiliiano temprano que contiene *Dinohippus interpolatus* y *Calippus (Grammohippus) castilli* y Henfiliiano tardío que se caracteriza por la presencia de los équidos considerados índices estratigráficos de esta edad, *Nannippus minor*, *Neohipparion eurystyle*, *Astrohippus stockii*, *Dinohippus mexicanus*, y los carnívoros *Agriotherium schneideri*, *Osteoborus cyonoides*, y el rinoceronte *Teleoceras fossiger*. La edad de las faunas que contienen estos taxa ha sido confirmada por fechamientos radiométricos obtenidos por fission track de depósitos de ceniza volcánica intercalada con los depósitos sedimentarios que contienen a los fósiles, obteniendo edades de 4.8 Ma para estas faunas. Los

mismos taxa han sido recolectados en la cuenca de Tecolotlán, Jalisco, obteniendo edades de 4.89 Ma, por medio de la técnica $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. En superposición, se encuentra el Blancano (Plioceno), que contiene los équidos *Nannippus peninsulatus* y *Equus simplicidens*, los carnívoros *Borophagus diversidens*, *Felis studei*, y el pecarí *Platygonus*. Los resultados del análisis de las cenizas volcánicas asociadas con esta fauna han proporcionado edades de 3.3 Ma por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ y 3.9 Ma por fission track (Kowallis *et al.*, 1999). Es importante señalar que en estas secuencia, se han recolectado los primeros inmigrantes sudamericanos *Nechoerus*, *Paramylodon*, *Glyptotherium* y *Pampatherium*, que sugiere el inicio del gran intercambio de faunas entre las Américas, resultados que indican que esta migración sucedió por lo menos un millón de años antes de lo que ha sido propuesto (Marshall 1985).

GET-20

ESTRUCTURA REGIONAL, SISMOTECTÓNICA Y ACTIVIDAD ANTROPOGÉNICA EN LA MESA CENTRAL

Nieto Obregón, Jorge¹, Javier Lermo Samaniego² y Gerardo Aguirre Díaz³

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

² Instituto de Ingeniería, UNAM

³ UNICIT, Juriquilla, Qro., UNAM

Fallas y fracturas en el Bajío, afectan a rocas, regolitas y suelos del Mesozoico al Reciente. Las fallas son generalmente de tipo normal con rumbo NE y echados al SE y NW, con una ligera componente lateral izquierda. Se prolongan por decenas de kilómetros, afectando terrenos agrícolas, zonas urbanas (Querétaro, Celaya, Salamanca, Irapuato, Silao, León y Aguascalientes), y líneas vitales (i.e. redes de drenaje, líneas de conducción de energía eléctrica, gasoductos, oleoductos, etc). En todos estos casos las trazas de las fallas se documentaron fuera de las áreas urbanas e identificaron en las sierras vecinas, donde son fácilmente identificables en imágenes digitales de terreno.

En la Ciudad de Querétaro, la falla NNW Tlacote-Balvanera potencialmente puede afectar a fraccionamientos, gasoductos, y autopistas que ésta atraviesa. Un relleno sanitario se ubica precisamente sobre el escarpe de esta falla y a unas decenas de metros de éste, se ubica un pozo para abastecimiento de agua potable. La probabilidad de contaminación del acuífero es por lo tanto grande. Situaciones semejantes han sido reportadas en Celaya.

En el área de Salamanca, una falla N 60° E y bloque caído al SE, se extiende desde Cerro Gordo, y atraviesa la ciudad pasando por una esquina de la refinería. Los desplazamientos observados en las calles de la ciudad alcanzan 50 cm.

En la localidad de La Valencianita cerca de Irapuato, una falla N 45° E, y echado al NW, afecta a una secuencia lacustre con horizontes carbonatados. La falla tiene un desplazamiento de mas de 10 m. La continuación de esta pasa al norte de la ciudad.

Dentro de la ciudad se cartografió otra falla de orientación similar que afecta importantes avenidas e infraestructura urbana en los alrededores de la Glorieta de Puente de Guadalupe. Aquí la falla presenta un cambio de rumbo de 90° al SE, y continua hasta el límite sur de la ciudad.

En los alrededores de la ciudad de Silao, una falla de orientación N 60° E, atraviesa la ciudad y se prolonga hacia el SE hasta las localidades de Venta de Ramales, y La Aldea. Los daños en la ciudad incluyen afectaciones a construcciones, infraestructura civil y líneas vitales.

En la ciudad de León en el cruce de las autopistas que van a Aguascalientes y Guadalajara, se observa un plano de falla normal con estrías indicando un movimiento normal izquierdo.

Grietas y hundimientos en estas ciudades están directamente relacionados a escarpes sepultados controlados por las fallas, y sobre-explotación de mantos acuíferos.

Algunas de estas fallas son consideradas potencialmente activas en base a observaciones geológicas y a eventos sísmicos como el de Sanfandila en 1998.

GET-21

EL LÍMITE SEPTENTRIONAL DE LA DEFORMACIÓN ASOCIADA A LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA EN LA REGIÓN DE QUERÉTARO

S.A. Alaniz-Álvarez, A.F. Nieto-Samaniego, M.A. Reyes-Zaragoza, M.T. Orozco-Esquivel, A.C. Ojeda-García y L.F. Vassallo Morales

Instituto de Geología, Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra, UNAM

Apdo. Postal 1-742, Santiago de Querétaro, Qro., 76001, México

El sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende (SFTSMA) es una estructura mayor de rumbo NNW-SSE, con más de 500 km de longitud y 35 km de ancho. Constituye el límite entre bloques corticales con espesores de la corteza y topografía distintos. De Norte a Sur cruza tres provincias geológicas y de Oeste a Este forma el límite del arco volcánico mesozoico Terreno Guerrero. Se estudiaron la edad, cinemática y relación con el volcanismo de la región comprendida entre San Miguel de Allende y la ciudad de Querétaro en el límite septentrional de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). En esta región, el SFTSMA se ubica entre las fallas mayores San Miguel de Allende y Querétaro, las cuales están separadas 35km, ambas tienen más de 50 km de longitud, su rumbo es ~N-S y están inclinadas hacia el poniente. Entre estas dos fallas se cartografiaron las fallas menores San Bartolomé, Tlacote y 5 de Febrero, todas de rumbo ~N-S pero con inclinación hacia el oriente. Estas fallas registraron movimiento normal durante la transición entre la deformación extensional ~E-W oligocénica de la Mesa Central y la deformación extensional ~N-S pliocénica-reciente de la FVTM. Las rocas volcánicas más jóvenes cortadas por las fallas son, de NNW a SSE, del Mioceno medio, Mioceno tardío y Plioceno, lo que sugiere que tanto el volcanismo como el fallamiento migraron hacia el sureste.

El SFTSMA se cruza en esta región con dos estructuras importantes: la falla del Bajío y el Horst Palo Huérano-Ixtla. Se denomina aquí Horst Palo Huérano-Ixtla a la estructura NE que expone al basamento y a lo largo de la cual se emplazaron en el Mioceno medio los primeros estratovolcanes de la FVTM. La transición entre las deformaciones de la Mesa Central y de la FVTM se registró en la actividad de las fallas mayores. Por un lado, el escarpe de la falla San Miguel de Allende termina en la zona del Horst Palo Huérano-Ixtla donde la falla tuvo actividad entre 12 y

11 Ma cuando la dirección de extensión fue hacia el NE-NNE. Por otro lado, al sur del Horst Palo Huérano-Ixtla, la falla de Querétaro y fallas menores antitéticas se activaron como fallas normales del Mioceno al Reciente. La falla del Bajío, de rumbo NW, no continúa al oriente de la falla de San Miguel de Allende. Concluimos que, en la región de estudio, el límite septentrional de la deformación extensional de la FVTM lo constituye la falla del Bajío y el Horst Palo Huérano-Ixtla.

GET-22

EVIDENCIAS GEOMORFOLÓGICAS DE LEVANTAMIENTO TECTÓNICO EN LA ISLA ESPÍRITU SANTO, B.C.S.

Cruz Orozco, Rodolfo, Alvarez Arellano, Alejandro, Gaitán Morán, Javier, Martínez Noriega, César y Rojo García, Paulino.

Depto. de Geología Marina, UABCS

La isla Espíritu Santo ubicada en la porción suroeste del Golfo de California a una hora de navegación del puerto de La Paz, cuenta con múltiples entalladuras, terrazas de abrasión y depósitos de sedimentos marinos a diferentes altitudes sobre el nivel del mar actual.

De particular interés son las entalladuras de la Punta La Despensa, donde se hizo una nivelación y se encontró que éstas, en la porción inferior de la punta, están bien desarrolladas con alturas que varían de uno a tres metros, separadas por terrazas angostas. En la parte superior las entalladuras no están bien desarrolladas, tienen de diez a cincuenta centímetros de altura, separadas por terrazas amplias de hasta ocho metros de longitud. La diferencia entre la altura y forma de las entalladuras así como del desarrollo de las terrazas de abrasión, se consideran como producto de la variación de la velocidad de levantamiento de la isla. Se identificaron estos rasgos geomorfológicos, en la localidad citada, en elevaciones desde cinco hasta cincuenta metros sobre el nivel del mar actual.

GET-23

POSIBLE SIGNIFICADO TECTÓNICO DE LOS CAMPOS VOLCÁNICOS MONOGENÉTICOS EN LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

Edgardo Cañón Tapia, Marco A. Rojas Beltrán y Raquel Negrete Aranda

Depto. de Geología, CICESE

Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C. 22860, México

Los flujos de lava miocénicos que cubren la parte central de la Península de Baja California se han estudiado detalladamente durante los últimos tres años mediante el uso de técnicas de trabajo de campo, fotogeología, paleomagnetismo y mediciones de anisotropía de susceptibilidad magnética. El área de estudio se encuentra entre las latitudes 27°30'N y 26°08'N y las longitudes 112°20'W y 113°20'W. Esta área puede dividirse en cuatro zonas, cada una presentando características distintivas en los productos volcánicos. En total, más de 120 centros eruptivos se localizan en dos de estas zonas, mientras que las otras dos se caracterizan por la casi completa ausencia de centros eruptivos. Estas características en la distribución de centros eruptivos se interpreta como un indicador de que las rocas volcánicas del área de estudio en realidad marcan

la existencia de dos campos volcánicos monogenéticos adyacentes. La identificación positiva de campos monogenéticos miocénicos en el área de estudio requiere de una reinterpretación del significado tectónico de dichos flujos, demostrando que no toda la actividad volcánica de ese tiempo estuvo asociada directamente con el inicio de la apertura del Golfo como se había propuesto anteriormente, sino que existieron zonas de debilidad cortical que atravesaron la Península durante la transición entre el cese de la subducción de la placa oceánica al oeste y el comienzo de la apertura del Golfo al este. La existencia de estas zonas de debilidad cortical puede ser característica de toda la Península durante este periodo de tiempo, aunque han pasado inadvertidas en los estudios tectónicos recientes de la región.

GET-24

NEW GEOCHRONOLOGY OF IGNIMBRITE DEPOSITS OF ISLA TIBURÓN AND COASTAL SONORA

Michael Oskin and Joann Stock
California Institute of Technology

This study presents new geochronologic results from rhyolitic ignimbrite deposits of Isla Tiburón and coastal Sonora. These data support correlation of the ~12.6 Ma Tuff of San Felipe and the ~6.3 Ma Tmr3 ignimbrite from northeastern Baja California to Isla Tiburón. The age of the Tuff of San Felipe near Bahía Kino on coastal Sonora also matches the Tuff of San Felipe from northeastern Baja California. Ages from other ash-flow tuff outcrops constrain the history of the La Cruz fault, a northwest-striking transform fault on southern Isla Tiburón. The Cerro Colorado Tuff and Corralitos Tuff, both ~11 Ma, do not correlate across the La Cruz fault. The oldest unit to correlate across the La Cruz fault is unit 1 of the Tuffs of Arroyo Sauzal, dated at three localities as ~6Ma. These data suggest that the La Cruz fault accommodated strike-slip displacement during the initial opening of the Gulf of California. Marine strata of southwestern Isla Tiburón overlie the unit 1 of the Tuffs of Arroyo Sauzal, indicating that these deposits are latest Miocene age or younger.

GET-25

FAULTING IN THE NORTHERN GULF OF CALIFORNIA FROM HI-RES SEISMIC DATA

P. Persaud¹, J. M. Stock¹, M. S. Steckler², A. Martin-Barajas³, L. Lavier¹

¹ California Institute of Technology

² LDEO, Columbia University

³ CICESE

The Pacific-North American plate boundary in the Gulf of California has been undergoing oblique extension since 6 Ma. Reorganization of the plate boundary in the northern Gulf including plate boundary jumps and the related structural features have been proposed by many authors (e.g., *Lonsdale, 1989; Umhoefer et al., 1994 and Stock, 2000*). Although the ages of the rift basins in the northern Gulf have not been determined to date, the style of deformation associated with these new spreading centers is compared to the onshore structure, where the spatial and temporal development of faulting is well established. Based on the interpretation of 2D high-resolution multichannel seismic data collected from May-June 1999 aboard the *B/O Ulloa*, faulting in the

northern Gulf of California occurs over a broad region (~100 x 150 km). We interpret mostly NE-striking normal faults (some lateral offset is evident) in the axial regions of the Upper Delfin basins and two mutually crosscutting sets of active faults (NE-striking normal and NW-striking oblique-normal faults) in the Lower Delfin basin. Close to the Baja California coast oblique-normal faults parallel the coastline. In the area of the Wagner and Consag basins faults generally strike northerly. Northwest of Isla Angel de la Guarda, the Ulloa fault, a large offset (~100 m or more) normal fault, with some evidence of lateral displacement strikes east-northeast and dips northward. Compared to the other faults surveyed, the Ulloa fault has an unusually large offset and atypical strike. This fault is still active and merges into the southeastern flank of the Lower Delfin basin, forming a structural boundary between a bathymetric high to the south and a broad depression to the north, within which the major active rift basins are located. This fault is within 15 km of the modern basin axis and therefore presumably affects very young crust. The unusual geometry of the Ulloa fault is one illustration of the structural complexity of the modern plate boundary deformation in this region.

Northeast of the Ulloa fault, in a region at 29.9°N, 113.3°W near the Sonoran coast, with <200 m water depth, a zone of mainly inactive, closely spaced faults (~1 km apart) with opposing dips is associated with tilted strata. These structural relationships suggest ramp-flat listric faulting at depth. We assume that the implied ramp-flat normal faulting is at least as old as the last plate boundary jump or its structural style was inherited from a regime that predates this jump. The offshore faults are compared to the onshore structure of eastern Baja California between San Felipe (31° N) and Gonzaga Bay (29.8° N). The present onshore structures largely terminate near the shoreline and appear unrelated to the structures farther offshore.

References:

- Lonsdale, P., 1989, *Geology and Tectonic History of the Gulf of California* in Hussong, D., Winterer, E. L., and Decker, R.W., eds., *The eastern Pacific Ocean and Hawaii: Boulder Colorado, Geological Society of North America, Geology of North America*, v. N, p. 499-522.
- Stock, J.M., 2000, *Relation of the Puertecitos Volcanic Province, Baja California, Mexico, to the development of the plate boundary in the Gulf of California: GSA Special Paper 334*, p.143-156.
- Umhoefer, P., Dorsey, R. and Renne, P., 1994, *Tectonics of the Pliocene Loreto basin, Baja California Sur, Mexico, and the evolution of the Gulf of California: Geology*, v. 22, p. 649-652.

GET-26

MODELADO GRAVIMÉTRICO E INTERPRETACIÓN SÍSMICA DE LA CUENCA TIBURÓN SUPERIOR, NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Martín-Atienza, B.¹, González-Fernández, A.², Hurtado-Artunduaga, A.D.³, García-Abdeslem, J.¹, Martín-Barajas, A.², Suárez-Vidal, F.², Guzmán, A.E.⁴ y Martínez-Sierra, R.⁵

¹ Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE

Ensenada, B.C., México

² Depto. de Geología, CICESE, Ensenada, B.C., México

³ Instituto de Geofísica, UNAM, México, D.F.

⁴ Coordinación de Estrategias de Exploración, PEMEX, México, D.F.

⁵ Activo Reynosa, PEMEX, Reynosa, Tamps., México

En las etapas iniciales de apertura del Golfo de California, la zona de rift activa pasaba desde la cuenca de Guaymas hacia la cuenca San Pedro Mártir y desde allí hacia las cuencas Tiburón para conectar con el sistema de falla lateral de San Andrés-Imperial. En un periodo posterior, la extensión migró hacia el oeste, a las actuales cuencas de Salsipuedes, Delfín y Wagner. El estudio de la cuenca Tiburón superior, situada al noroeste de la isla Tiburón y al este de la isla Angel de la Guarda, permite definir mejor la historia de la extensión en el norte del Golfo de California.

Del conjunto de datos registrados por PEMEX con fines de exploración de gas se investigaron tres líneas sísmicas y el mapa de anomalías de Bouguer en la zona. En la sísmica de reflexión multicanal, con un tiempo de registro de 6 segundos, se observa el basamento en la mayor parte de las líneas interpretadas, así como un cambio en la sedimentación que se interpreta como el resultado de la migración de la extensión hacia el oeste. La interpretación de los datos gravimétricos mediante el método de inversión de Marquardt-Levenberg proporciona una imagen tridimensional de la geometría de la cuenca. Esta geometría se compara con los resultados de la sísmica profunda del proyecto CORTES-P96, los cuales sugerían la existencia de un detachment a nivel cortical.

GET-27

REGIONAL GEOLOGY OF CONJUGATE RIFTED CONTINENTAL MARGINS OF THE UPPER DELFÍN AND TIBURÓN BASINS

Michael Oskin

California Institute of Technology

This study presents two new regional geologic maps of the conjugate continental margins of the Upper Delfín and Tiburón basins of the northern Gulf of California. Regional mapping in Baja California Norte is compiled from earlier detailed studies and new reconnaissance mapping from the shore of the Gulf of California to longitude 115.3° and from latitude 30.0° to 31.0°.

Regional mapping in western Sonora covers the coastal zone west of longitude 112.0° and south of latitude 29.4°, including new detailed studies of western Isla Tiburón. The stratigraphy of these areas is divided into six groups. These groups encompass six partially interfingering stratigraphic-tectonic packages corresponding to time periods prior to and during Gulf rifting.

Group one comprises basement of pre-batholithic metasedimentary rocks and plutons of the Peninsular Ranges Batholith and their offset correlatives in western Sonora. Group two consists of basal Tertiary-age sedimentary cover of fluvial conglomerate and sandstone. Group two strata interfinger laterally with and are overlain by Miocene-age volcanoclastic deposits and lava flows that comprise group three. Vents of the Miocene arc exposed in the mapped areas are concentrated in the Puertecitos Volcanic Province in Baja California and on the southern half of Isla Tiburón. The ~12.6Ma Tuff of San Felipe comprises group four and forms a pre-rift marker horizon throughout most of the mapped area.

Lithologic groups five and six were deposited synchronously with rifting in the Gulf of California Extensional Province. Group five is an assemblage of volcanic, volcanoclastic, and fluvial deposits. This group is capped by an extensive series of 6-7 Ma ignimbrites that form much of the volcanic cover of the northern Puertecitos Volcanic Province and western Isla Tiburón. Group six contains a younger volcanic and fluvial assemblage similar to group five, and also includes marine deposits of the northern Gulf of California.

GET-28

REEVALUACIÓN DE LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE LA FRONTERA DE PLACAS NORTEAMERICANA- PACÍFICO, NUEVAS EVIDENCIAS DEL BORDE CONTINENTAL DE BAJA CALIFORNIA

Fletcher, J.M.¹, Eakins, B.W.² y Mendoza-Borunda, R.¹

¹ Depto. de Geología, CICESE

Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México

² Scripps Inst. Oc., 9500 Gillmore Dr., La Jolla CA.

New observational data on Neogene faulting in the borderland of Baja California places important constraints on tectonic models for the evolution of the Pacific-North American (P-NA) plate boundary and rifting in the Gulf of California. Neogene faults in the borderland range from strike slip to normal slip and accommodate integrated transtension. Most have east-facing escarpments and likely reactivate the former east-dipping accretionary complex. Numerous lines of evidence indicate that Neogene faults are still active and accomplish a significant component (~1-5 mm/yr) of Pacific-North American shearing. Quaternary volcanoes are found offshore and along the Pacific coastal margin, Quaternary marine terraces are warped and uplifted as high as 200 masl. Many of the offshore faults have fresh escarpments and cut Holocene sediments. Extensive arrays of Quaternary fault scarps are found throughout the coastal region and in Bahía Magdalena they are clearly associated with major faults that bound recently uplifted islands. A prominent band of seismicity follows the coast and eight earthquakes (Ms>5.0) were teleseismically recorded between 1973 and 1998. This evidence for active shearing indicates that the Baja microplate has not yet been completely transferred to the Pacific plate.

The best lithologic correlation that can be used to define the total Neogene slip across the borderland faults is the offset between the Magdalena submarine fan and its Baja source terrane. The distal facies of the fan drilled during DSDP leg 63 is dominated by mudstone and siltstone that contain reworked Paleogene coeloliths derived from strata correlative with the Tepetate formation found

throughout the borderland and fine-grained sandstone derived from a source terrane of granitoid basement. The Middle Miocene La Calera formation of the Cabo trough is one of many granitoid-clast syn-rift alluvial deposits that could form the continental counterpart of the submarine fan near the mouth of the proto-gulf. However, regardless of the exact source, the Magdalena fan must have been transported beyond a major submarine canyon system south of Todos Santos by 13.5 Ma when sedimentation rates significantly diminished. This places a maximum of ~200 km total slip on the borderland faults since 13.5 Ma. Alternatively, all components of the Magdalena fan could have been derived from reworking Cenozoic strata within the borderland. The sandstone facies could be derived from the Oligocene El Cien Fm., which is a granitoid clast conglomerate that overlies the Tepetate Fm. and crops out ~100 km west of La Paz. If true, the total slip across borderland faults may be only a few tens of kilometers. Key structural relations along the submarine Tosco-Abrejos fault system support this lower slip estimate including: relatively short (~30 km width) pull-apart basins, correlative strata on either side of the fault, and a strong pattern of splaying, which indicates a lateral termination, only ~50 km to the SE of the Magdalena fan.

These new observations require significant modifications to existing tectonic models, which usually assign ~300 km of offset to the borderland. Lower finite slip estimates suggest that the borderland may not have formed the main P-NA plate boundary and long-term Neogene slip rates need not be significantly different from Quaternary slip rates. Lower finite slip estimates also allow stronger correlations between Farallon derived microplates and the patterns of Neogene faulting, volcanism, topographic variations, and surface heat flow in the overlying continental crust of Baja California.

GET-29

SUBDUCTION HINGE MIGRATION ALONG THE MEXICAN SECTOR OF THE MIDDLE AMERICAN TRENCH

Carlos A. Mortera-Gutierrez¹, William L. Bandy¹, Thomas W. Hilde² and Richard L. Carlson²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

Cd. Univeristaria, Coyoacan, D.F., Mexico

² College of Geosciences, Texas A&M University
College Station, TX, USA

Subduction zones are among the world's dramatic and complex active tectonic features. They display an almost bewildering range of tectonic styles in which have been proven difficult to explain. Numerous models have been proposed to explain why some arcs, such as Peru-Chile, are in compression while other, such as Mariana, exhibit backarc extension. Kinematic models have been used in attempting to relate arc tectonics regimes to the motion of overriding plates with respect to the hinge of subduction zones or downgoing plate. These models invoke hinge migration, or rollback - the oceanward retreat of subduction hinge under the influence of gravity. We examine the subduction hinge migration along the Mexican sector of the Middle American trench in relation to (1) the age of the subducting oceanic lithosphere - noting that old, cold lithosphere is less buoyant than young lithosphere -, (2) the rates of rollbacks depending on the age of the downgoing plate, (3) the modes of mechanical coupling in subduction zones - explained by a stationary or anchored slab model in which either the interface between the downgoing slab and the overriding plate is tightly coupled because

the continent is advancing on the stationary slab, or is loosely coupled because the overriding plate is retreating from the anchored slab. We will argue that the motions of overriding plates combined with hinge migration account for the observed variations of tectonic style. Noting per se, plate convergence has little to do with arc stress regimes. Our objectives here are to evaluate the Middle American hinge migration along the Mexican sector in light of improved plate motions, and to suggest a tentative mechanism for hinge retreat based on a simple corner flow model.

GET-30

SLAB DETACHMENT, FLAT SUBDUCTION AND SLAB ROLLBACK IN CENTRAL MEXICO: FITTING THE NEOGENE EVOLUTION OF THE TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT INTO THE HISTORY AND DYNAMICS OF SUBDUCTION

Luca Ferrari

UNICIT, Instituto de Geología, UNAM
Juriquilla, Qro.

Based on a comparative analysis of the volcanic record of the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) and the reconstruction of plate history since 16 Ma in central Mexico I propose an interpretation of the evolution of the Cocos-Rivera subduction system that have implications for the active volcanism and tectonics. The base of the analysis is the compilations of all the available geologic, geochemical and geochronologic information for the TMVB organized into a Geographic Information System database, an ongoing project started four years ago.

TMVB volcanism has occurred in episodes that are characterized by different degree of differentiation and compositional variety. Across-arc and along strike variation and/or migration can be often recognized in each episode. In its first stage (16 to 10 Ma) the TMVB consisted of a broad arc mostly made of large andesitic complexes emplaced between Long. 102° and 97°30' (central Mexico). During this period volcanism was absent in the western and eastern TMVB. In late Miocene (11 to 6 Ma) a voluminous mafic volcanism was emplaced to the north of the previous arc with ages progressively younger from west (Tepic-Guadalajara) to east (Queretaro-Hidalgo). This second episode did not reach the eastern TMVB. Large calderas and silicic dome complexes developed in latest Miocene and early Pliocene (7.5 to 3.5 Ma) west of the Taxco-San Miguel de Allende fault system (TSMA). East of the TSMA (E of long. 99°30') a volcanic gap is clearly observed between ~9 and 3.5 Ma. In the western TMVB small amount of lavas with an intra-plate affinity (often referred to as Ocean Island Basalt) started to be emplaced since 5 Ma. At the same time the volcanic front migrated to the south by about 70 km. East of the TSMA volcanism resumed at about 3.5 Ma in the Mexico City region and at the end of Pliocene in the eastern TMVB (excluding volcanism in the Palma Sola area which show little relations with the subduction system). In the Toluca-Mexico City area the volcanic front migrated trenchward in the Quaternary but did not go more southward of the middle Miocene arc. No southward migration of the volcanic front is observed in the eastern TMVB.

The Middle Miocene volcanism represent a "normal" volcanic arc that developed after a gap of ~15 Ma following the formation of the new Cocos-North America subduction boundary at the site of the former North America and Caribbean transform boundary. The

following unusual volcanic evolution, however, was determined by the detachment of the deeper part of the Cocos slab and the resulting variation in slab inclination with time. Slab must have detached after 12.5 following the end of subduction off Baja California. This is a kinematic-dynamic requirement and is supported by the fact that the present seismic slab is short. I propose that the slab detached from the Gulf of California to the ESE from ~12 to 7.5 Ma producing a migrating mafic pulse along the propagating tear. Once deprived by its deeper part the slab started to decrease its dip (rebound + buoyancy of the younger crust) and this is the most likely cause for flat subduction of the Cocos plate. No plateau seems available on the mirror image on the Pacific plate and the absence of a subducted thickened crust explains why there is no seismic coupling between the two plates and no shortening occurred in the upper plate. The ~9 to 3.5 to volcanic gap in the central TMVB marks the period of flat subduction of the Cocos plate. Indeed, Pacific-Cocos relative motion decrease by 70% after 10 Ma. Flat subduction delays the basalt/gabbro to eclogite transition for some time. However the resuming of volcanism in late Pliocene indicate that the leading edge of the Cocos plate completed its transformation to eclogite and started to rollback. The slab rollback enhances the advection of geochemically enriched material into the mantle wedge, which I propose as the main cause for the occurrence of OIB-type volcanism in the TMVB.

GET-31

NEWS AND FUTURE DIRECTIONS FOR PALEOPROTEROZOIC BASEMENT STUDIES IN SONORA, MEXICO

Alexander Iriondo¹, Wayne R. Premo², James R. Budahn² and Michael J. Kunk²

¹ Department of Geological Sciences, University of Colorado at Boulder, CB 399, Boulder, CO 80309, USA

² U.S. Geological Survey, MS 974, Box 25046, Denver Federal Center, Denver, CO 80225, USA

A detailed geochemical characterization of nineteen representative Proterozoic basement rocks in the Quitovac region in northwestern Sonora, Mexico, has identified two distinct Paleoproterozoic basement blocks that coincide spatially with the previously proposed, age-defined, Caborca and "North America" blocks. However, new U-Pb zircon geochronology revises the proposed age ranges for the Caborca (1.78-1.69 Ga) and "North America" (1.71-1.66 Ga) blocks at Quitovac, and precludes a simple age differentiation between them. In addition, Grenvillian-age granitoids (ca. 1.1 Ga), spatially associated with the Caborca block have been identified at Quitovac.

Nd isotopes and major- and trace-element geochemistry support the distinction of both Paleoproterozoic basements at Quitovac. Granitoids of the "North America" block are characterized by depleted ϵ_{Nd} values between +3.4 and +3.9, correspondingly younger Nd model ages (1800-1740 Ma), and have lower K_2O , Y, Rb, Ba, Th, REE, and Fe/Mg values than contemporaneous rocks of the Caborca block. The Caborca-block granitoids are likewise characterized by slightly less depleted Nd signatures ($\epsilon_{\text{Nd}} \sim +0.6$ and +2.6), and correspondingly older Nd model ages (2070 to 1880 Ma). Despite the subtle differences, the Caborca and "North America" block granitoids are composed of depleted to near-depleted crustal material with island-arc-like affinities.

We propose that the Proterozoic basement rocks from the Quitovac region are an extension of the Paleoproterozoic rocks of the crustal provinces in SW United States. Specifically, rocks of the Caborca block exhibit an affinity to rocks of either the Yavapai province or the Mojave-Yavapai Transition zone, whereas rocks of the "North America" block have signatures similar to those of the Mazatzal province of southern Arizona.

These Paleoproterozoic basement provinces and blocks in SW North America represent the SW margin of Laurentia, one of the key Neoproterozoic to Early Paleozoic rifted margins used in continental reconstructions of the Rodinia supercontinent (SWEAT, AUSWUS, etc.). Our new data create the possibility of alternative hypotheses for the distribution of Paleoproterozoic crustal provinces in SW North America that affect reconstructions of the original SW margin of Laurentia, reducing uncertainties in the configuration, timing, and existence of supercontinents in the Proterozoic (e.g., Rodinia).

We believe that future studies combining field relationships, petrology, U-Pb zircon geochronology, geochemistry and radiogenic isotopes in basement rocks in northern Sonora should provide enough information to characterize them and determine a more precise correlation with basement rocks from the Mojave, Yavapai, and Mazatzal Paleoproterozoic crustal provinces in SW United States. Nonetheless, it would be important to use other geological techniques that have been successfully utilized in basement studies, such as analysis of Paleoproterozoic structural trends, detrital zircon and Nd provenance studies in Neoproterozoic and Paleozoic supracrustal rocks (e.g., Gehrels and Stewart, 1998; Farmer *et al.*, 1998), thermochronology of metamorphic and plutonic rocks, and geophysical surveys (seismic, gravity, and aeromagnetism) among others.

GET-32

SISTEMAS ESTRUCTURALES E HISTORIA TÉRMICA EN EL PLANETA MARTE

Hernández Barosio Antonio

Planetología y Física Espacial, Instituto de Geofísica, UNAM

Marte ha experimentado una historia térmica. Los efectos de esta evolución se manifiestan como esfuerzos que han deformado su litósfera, lo cual ha sido registrado en los mapas tectónicos globales de su superficie. Utilizando observaciones limitadas y herramientas relativamente crudas de interpretación y análisis, se ha podido generar una historia termo-tectónica coherente. Las causas de los esfuerzos podrían incluir: esfuerzos globales producidos por expansión o contracción debida a diferenciación planetaria y a cambios en la orientación del eje de rotación (Banerdt *et al.* 1992; Melosh, 1980), esfuerzos regionales y locales debidos a anomalías térmicas del manto y a cargas litosféricas (Schubert *et al.* 1990; Banerdt *et al.* 1992), y esfuerzos exogénicos producidos por impactos (Schultz *et al.* 1982). Esto indica que existe una relación muy estrecha entre esfuerzos, fallamiento y evolución térmica. Con objeto de realizar un análisis objetivo de las huellas superficiales de los eventos que pudieron haber causado esfuerzos en Marte, se analiza el mapa tectónico global, desarrollado por diversos autores (Scott y Tanaka, 1986; Greeley y Guest, 1987; Scott y Dhom, 1990). En este mapa se vislumbran regiones tectónicas cuyo registro de deformaciones ha sido bien preservado, lo cual proporciona áreas fértiles para el análisis termo-tectónico.

GET-33 CARTEL

ANÁLISIS SOBRE EL CONTRASTE DE CORTEZA EN LA PARTE NORTE DE LA CUENCA GUAYMAS, GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO, A PARTIR DE PERFILES SÍSMICOS DE REFLEXIÓN, ECOSONDA DE PENETRACIÓN, SONOGRAMAS Y CAMPOS POTENCIALES

Morandi, M.T.¹, González-Fernández, A.², Delgado-Argote, L.², Frías-Camacho, V.M.², Dañobeitia, J.J.³ y Michaud, F.⁴

¹ Laboratorio de Geofísica, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

² Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Ensenada, B.C., México

³ Depto. de Geofísica, Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera", Barcelona, España

⁴ Observatoire Océanologique de Villefranche, Villefranche sur Mer, Francia

El Golfo de California es una región donde está bien identificado un proceso de ruptura continental activo. La presencia de cuencas de apertura con piso de tipo oceánico o transicional en la parte central del golfo se interpreta como la ocurrencia de un proceso de rifting. Sin embargo, la evolución de los procesos que han dado lugar a esta ruptura continental aún no ha sido bien entendida.

En este estudio se procesan, integran e interpretan datos de alta resolución de sísmica de reflexión vertical profunda, ecosonda de penetración, sonogramas y anomalías de gravedad adquiridos durante la campaña geofísica CORTES-96 por el B/O Hespérides a lo largo de dos perfiles en la parte central del Golfo de California, México. La línea p307 con una longitud de 105.48 km, está ubicada en dirección NE-SW, entre Santa Rosalía, B.C. y Guaymas, Son. La línea p309 con una longitud de 76.51 km, corre en dirección ESE-WNW, entre Guaymas y el sur de la isla Tiburón.

A lo largo del perfil de sísmica de reflexión p307 se observa la presencia de dos subcuencas bien diferenciadas. El límite NE de la Cuenca de Guaymas presenta un escarpe muy marcado. Coincidiendo con este escarpe se interpreta una zona de fallas normales buzando en dirección SW que podrían representar la continuación de la traza de la falla transforme San Pedro Mártir. En el extremo SW del perfil aparece una estructura asociada en un trabajo anterior a una cresta volcánica alineada en dirección NW-SE mientras que en el extremo NE se observa la parte no emergida de una isla cercana a Guaymas, Son y otra estructura, posiblemente ignea. Se observa una diferencia en el grosor de la sedimentación entre ambas subcuencas y en la morfología de su basamento.

El perfil p309 muestra una batimetría prácticamente plana, un basamento cuya profundidad varía entre 1.5 y 2.0 s, varias fallas de crecimiento y cañones submarinos. Cabe destacar un cambio de carácter en las señales sísmicas entre 6 y 8 s de profundidad que denota, posiblemente, la transición corteza-manto.

GET-34 CARTEL

BAHÍA Y VALLE DE BANDERAS: POSIBLE LÍMITE TECTÓNICO DEL BLOQUE DE JALISCO

Román Alvarez
IIMAS-UNAM
México, D.F.

Los límites norte y oriente del Bloque de Jalisco (BJ) se han delimitado por una serie de grábenes: Tepic-Zacoalco-Chapala y Sayula-Colima. La continuación de esta última estructura se asocia a otro graben oceánico denominado El Gordo, que inicia frente a Manzanillo y continúa más allá de la trinchera hasta las cercanías de Zona de Falla de Rivera. Por la parte noroccidental los límites del BJ han sido poco discutidos, asociándolos vagamente algunas veces a la Zona de Falla de Tamayo y/o al escarpe de Las Tres Marías. El Valle de Banderas ha sido reconocido geológicamente como un graben y se le continúa a través de la Bahía, por medio de una falla, denominada la Falla de Banderas. No obstante, la falla es inferida, ya que no se conoce con precisión la topografía del piso marino en dicha bahía. De hecho, muchos de los estudios que incluyen contornos de profundidad de la región, los muestran como monótonamente disminuyendo en profundidad, desde la boca de la bahía hasta la costa oriental. Esta representación es errónea, pues en realidad la región central de la bahía alcanza profundidades superiores a 1400 m, mientras que en la boca de la misma las profundidades varían entre 500 y 800 m. Para subsanar la falta de información efectuamos una campaña de ecosondeos en la región de mayor profundidad de la bahía, a bordo de El Puma B/O. Estos resultados sugieren que parte de la Bahía y el Valle de Banderas pertenecen a un mismo graben, cuyas dimensiones aproximadas (60 x 15 km) son comparables, o exceden, a las de los otros grábenes que limitan al BJ y que podría constituir parte del límite noroccidental del mismo.

GET-35 CARTEL

CARTOGRAFÍA Y ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE UNA PORCIÓN DE LA SIERRA DE LLANOS DEL CARMEN EN LA PARTE NORTE DEL MUNICIPIO DE VILLA HIDALGO S.L.P.

Barajas Nigoche L.D. y Barbosa Gudino J.R.
Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Av. Dr. Manuel Nava N°5, Zona Universitaria, San Luis Potosí,
S.L.P., 78240, México
E-mail: Danygoche@yahoo.com

Se realizó una investigación dentro de un área de aproximadamente 70 km² a 82 km al Noroeste de la Ciudad de San Luis Potosí, con el objetivo de establecer la estratigrafía y las estructuras que caracterizan a la denominada Sierra de Llanos Del Carmen.

El Cretácico esta representado por dos formaciones; La Formación El Abra que constituye la base de la secuencia estratigráfica aflorante, la cual se cartografió como facies calcárea arrecifal, presente en la mayor parte del área de estudio; y La Formación Cárdenas que esta constituida por areniscas y lutitas. Durante el Terciario aparecen rocas tanto volcánicas como clásticas; las rocas volcánicas presentan una gran variedad de texturas y composición; tales como ignimbritas, Basaltos intercalados con tobas de composición riodacítica en un claro ejemplo de

magmatismo bimodal, por otra parte algunos depósitos de material volcanogénico que son a su vez cortados por diques piroclásticos o tuficías¿?. Las rocas clásticas consisten de materiales tales como fragmentos de calizas y de areniscas así como rocas volcánicas diversas, reconocidas en el área cartografiada y algunos provenientes de otras zonas no observadas dentro de la misma.

La Formación El Abra registra al menos dos fases de deformación, una compresiva que dio origen al plegamiento característico de esta región, y al fallamiento inverso de orientación general NNW; y otro tensional que dio origen a fallas normales de orientación general NW. La Formación Cárdenas en general presenta un plegamiento bastante irregular contemporáneo al plegamiento de la Formación El Abra, algunos pliegues tienen su eje axial orientado NS y en otros sectores se tienen evidencias de plegamiento orientado EW, debido a su carácter “plástico”.

Las rocas volcánicas, en particular algunos basaltos y tobas además de los depósitos volcanogénicos pueden ser el producto de la reactivación de fallas normales que en algunos sectores se tienen evidencias de movimiento lateral izquierdo que pudieron ser los conductos de extrusión de estas secuencias.

Un importante aporte de este trabajo es la identificación de la magnitud y variedad de los depósitos volcanogénicos y de los diques que a estos cortan, así mismo la estrecha relación que guardan con las estructuras, en este caso el fallamiento normal post-laramidico que evidencian una reactivación, además de la adición de la componente lateral muy común en esta área. Por otra parte el magmatismo bimodal que también se relaciona con las fallas normales antes mencionadas.

GET-36 CARTEL

ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE ACTIVIDAD SOLAR Y MUERTES POR INFARTO AL MIOCARDIO EN MÉXICO PARA LOS AÑOS DE 1996-1999

Rosa Díaz Sandoval y Blanca Mendoza
Instituto de Geofísica, UNAM

Se hizo un estudio de la incidencia del número diario de muertes por infarto al miocardio en todo el país, con un total de 129 917 casos, registrados en el Instituto de Epidemiología de la Secretaría de Salubridad para el periodo del 1º. de enero de 1996 al 31 de diciembre de 1999. Se hicieron análisis espectrales para todos los datos y para las divisiones por sexo y por grupos de edad, según los criterios epidemiológicos. Además se consideraron las fases del ciclo solar. En la mayoría de los grupos se observan frecuencias cercanas a las de orden anual, las cuales estén quizás relacionadas con factores ambientales y ritmos de vida social. También se observan frecuencias del tipo circaseptano que han sido relacionadas con ciclos de actividad solar [1] y en este estudio se ve que tienden a desaparecer durante tiempos de mínimo solar, en comparación con los años cercanos al máximo solar, lo cual concuerda con otros resultados [2].

[1] Breus T.K., Ann. Geophys., 13, 1211 (1995).

[2] Khomeriki, O., Bull. Georgian Acad. Sci., 158, 123 (1998).

GET-37 CARTEL

GEOLOGÍA DEL “VALLE DE QUERÉTARO”. ESTRATIGRAFÍA Y ESTRUCTURA DEL ENTORNO DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE QUERÉTARO, MÉXICO

Juventino Martínez Reyes, Luis M. Mitre Salazar, Jorge A. Arzate Flores, Psevolod Yutsis y Moisés G. Arroyo Contreras
UNICIT, UNAM, Campus Juriquilla

Se conoce como “Valle de Querétaro” a la depresión topográfica donde se asienta la ciudad de Santiago de Querétaro, en el estado de Querétaro. El río Querétaro, la corriente principal del área, lo atravieza de Este a Oeste en su parte media, dividiéndolo superficialmente en un sector Norte y un sector Sur. Su altitud sobre el nivel del mar oscila alrededor de la cota 1800.

Las rocas que afloran en ambos sectores constituyen diversas unidades litológicas que pueden ser acomodadas en una columna estratigráfica que va desde el Cretácico tardío hasta el Cuaternario. Paleogeográficamente pertenecen a los dominios de la Sierra Madre Oriental, de la Sierra Madre Occidental y del Eje Neovolcánico, respectivamente.

La columna litoestratigráfica está representada por: facies marinas pelítico-calcáreas, plegadas, asignadas al Cretácico superior, que constituyen el basamento de la región y que afloran exclusivamente en Juriquilla; lavas y brechas de composición andesítica probablemente del Oligoceno, que constituyen un sub-basamento del área; diversos términos riolíticos y dacíticos del Mioceno, así como productos basálticos y andesíticos del Plioceno. Diversas facies clásticas y volcanoclásticas lacustres intercaladas en esas series, así como un cuerpo intrusivo encajonado en las rocas cretácicas completan la estratigrafía del área.

Estructuralmente lo que se ha denominado “Valle de Querétaro” corresponde a un graben de orientación sensiblemente Norte-Sur, limitado al Oriente por la falla Santa Rosa Jáuregui-Los Olvera, conocida localmente como falla Central o de 5 de Febrero, y al Poniente por una falla que se puede seguir fácilmente desde el rancho San Miguelito al Norte, hasta la hacienda Balvanera al Sur, pasando por Mompaní y Tlacote el Bajo, conocida localmente como falla Poniente o de Tlacote. Este pequeño graben (de unos 7 kms. de ancho) se inscribe dentro de otro de mayor amplitud (de unos 20 kms. de ancho) y con la misma orientación, limitado al Este por la falla La Solana-El Tángano, conocida localmente como falla Oriental, y al Oeste por la falla Obrajuelos-San Bartolomé; esta última en territorio guanajuatense. Este fallamiento afecta a toda la columna estratigráfica, y algunos estudiosos del área lo relacionan con la que se dado en llamar sistema de fallas Taxco-San Miguel Allende.

El fallamiento Norte Sur intercepta casi ortogonalmente a otro, anterior, de orientación entre E-W y ENE-WSW, que ha sido relacionado con el sistema de falla Tula-Chapala, característico del Eje Neovolcánico.. En mascarado bajo formaciones volcánicas posteriores. la cartografía geológica nos ha permitido evidenciar estructuras importantes como la falla Menchaca al Norte y la falla Cuesta China-Villa Corregidora al Sur. Estas fallas de hecho configuran otro graben orientado casi E-W que forma la depresión donde se asienta la parte histórica de la ciudad de Santiago de Querétaro. El curso del río Querétaro que atravieza el valle de Oriente a Poniente, es indicativo de estructuras con esa orientación.

Este fallamiento es el responsable del levantamiento de las rocas basales que afloran en Juriquilla.

Las rocas basales por su parte, han sufrido además una deformación compresiva seguramente de edad laramídica que les ha impuesto un plegamiento intenso de planos axiales sensiblemente orientado N-S, recumbentes hacia el E.

El conocimiento fundamentado de la estratigrafía y la estructura del “Valle de Querétaro”, es imprescindible para entender los problemas más agudos que afectan el entorno urbano de la ciudad de Santiago de Querétaro, como son los agrietamientos y subsidencia de terrenos y el agotamiento de los recursos acuíferos subterráneos. Conocer el grado y tipo de relación entre la naturaleza y las acciones humanas, permitirá establecer los fundamentos para sustentar un desarrollo armónico entre el hombre y su entorno físico.

GET-38 CARTEL

GEOLOGÍA DEL GRABEN DE AGUASCALIENTES. ESTRATIGRAFÍA Y ESTRUCTURA DEL ENTORNO DE LA CIUDAD DE AGUASCALIENTES, MÉXICO

Juventino Martínez Reyes, Jorge A. Arzate Flores, Psevolod Yutsis, Luis M. Mitre Salazar y Moisés G. Arroyo Contreras
UNICIT, UNAM, Campus Juriquilla

El graben de Aguascalientes es una estructura tectónica que atraviesa de Norte a Sur al estado de Aguascalientes, dividiéndolo en dos partes iguales. Morfológicamente constituye una deprimición topográfica conocida como “Valle de Aguascalientes”, de unos 20 kms. de anchura máxima (en sus extremos norte y sur) y unos 10 kms. de anchura mínima (parte central). La ciudad de Aguascalientes se localiza sobre la parte centro-meridional de ese valle, hacia su porción más oriental.

A nivel regional el graben de Aguascalientes afecta rocas marinas mesozoicas y rocas continentales cenozoicas que han sido asignadas tradicionalmente a facies triásicas, jurásicas y cretácicas del dominio de la Sierra Madre Oriental las primeras, y a series paleógenas y neógenas características de la Sierra Madre Occidental. Los trabajos que venimos realizando en el área que entorna la ciudad de Aguascalientes, nos han permitido determinar que esas rocas constituyen diversas unidades litológicas que pueden agruparse en dos conjuntos estratigráficos claramente definidos: uno inferior, plegado y con un ligero metamorfismo regional de bajo grado (esquistos verdes), que constituye el basamento de la región; otro superior, sin más deformación que un importante fallamiento vertical, que representa la cubierta.

El basamento está representado, en sucesión estratigráfica, por el Complejo Filoniano La Tomatina, la Serie Volcanosedimentaria Cienaguitas y la Secuencia Pelítico-Calcareá Atarjea; los afloramientos de estas unidades que hemos definido informalmente, son reducidos.

El complejo filoniano está constituido por facies plutónicas tonalíticas y dioríticas, atravesadas por numerosos filones o diques de diabasa; es correlacionable con el Complejo Filoniano Santana de probable edad jurásica que aflora al NW de la ciudad de Guanajuato. La serie volcanosedimentaria está constituida por una sucesión de derrames basálticos almohadillados, sedimentos lutítico-arenosos silicificados y pedernal; con base a los radiolarios

que contienen, estas rocas han sido ubicadas en el Jurásico tardío. Estas dos unidades afloran en el área de La Tomatina y su relación es tectónica. La secuencia pelítico calcárea aflora 10 kms. al NW de las anteriores, en el rancho El Varal, sobre el arroyo La Atarjea. Se trata de una secuencia de lutitas apizarradas y calizas recrystalizadas con nódulos de pedernal; sin fauna, su edad es imprecisa.

Las unidades basales no pertenecen al dominio de la Sierra Madre Oriental. Su litología y su acusado metamorfismo regional (esquistos verdes) permiten considerarlas, respectivamente, como los testimonios de las raíces del arco del terreno Guerrero, de la cuenca intraoceánica de Arperos y de la sedimentación postvolcánica de esa misma cuenca.

La cubierta por su parte está representada por una secuencia de diversos términos riolíticos terciarios, coronada por una formación volcanoclástica y/o por derrames basálticos cuaternarios. Aparece más completa al Oeste del graben, en donde fue considerada primero del Oligoceno, y luego datada del Eoceno temprano; al Este solo aflora las facies volcanoclásticas del Pleistoceno. Las rocas terciarias son típicas de las secuencias de la Sierra Madre Occidental, mientras que las cuaternarias lo son de las fosas y cuencas del centro del país.

El graben de Aguascalientes muestra un flanco occidental topográficamente más alto en relación a su flanco oriental. Aparece así como una estructura asimétrica, formado por tres fallas: una oriental, una central y una occidental. El flanco occidental es un flanco escalonado y el graben propiamente dicho está formado por la falla oriental y la falla central; esta última, que no aflora, es evidenciada por el curso del río San Pedro que corre a la mitad del valle. Estudios geofísicos en curso confirman esta interpretación estructural.

El fallamiento Norte-Sur que dio origen al graben y valle de Aguascalientes, refleja únicamente la actividad tectónica más reciente. Enmascara estructuras anteriores igualmente importantes que tanto a nivel local como regional se manifiestan por un fallamiento de orientación NE-SW. Estas a su vez interceptan fallas de orientación sensiblemente ESE-WNW. Se trata evidentemente de las fases tectónicas distensivas terciarias y cuaternarias; estas últimas aún activas, como lo prueba la débil pero verificable actividad sísmica en la región.

Por lo que se refiere a las rocas basales, estas muestran, además de los esfuerzos distensivos terciarios, una deformación compresiva importante que produce pliegues recostados hacia el NE, misma orientación, acompañados de cizallamientos subhorizontales que a veces se traducen como cabalgaduras importantes. Esta deformación debe relacionarse con movimientos tectónicos laramídicos.

El conocimiento de la estratigrafía y la estructura del graben de Aguascalientes, es determinante para entender los fenómenos de agrietamientos y subsidencia de terrenos que afectan al conglomerado urbano de la ciudad de Aguascalientes, así como el agotamiento del agua subterránea que utiliza. Este trabajo pretende contribuir a ese conocimiento, considerando que la ciencia geológica es la herramienta fundamental para establecer el grado y tipo de relación entre ambos fenómenos, así como la influencia del entorno geológico.

GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA DEL ARCO ESTRUCTURAL “TECAMACHALCO-TEHUACAN-CALIPAM”

Mariano Humberto Eguiza Castro
Instituto de Geología, UNAM

Al sur de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), la deformación laramídica ha sido interpretada como la prolongación de la Sierra Madre Oriental. Sin embargo, una observación más cuidadosa muestra que la geometría, la cinemática y el estilo de la deformación laramídica y Terciaria, difieren significativamente al sur y al norte de la FVTM. El macizo Mixteco-Oaxaqueño constituye un bloque cortical, cuyos límites son anisotropías corticales que han influido de manera sustancial en la deformación laramídica y en la tectónica postorogénica del sur de México.

En el presente trabajo, se estudia la geometría y la cinemática de las estructuras que bordean al macizo Mixteco-Oaxaqueño en su porción nororiental, en lo que aquí se denomina el “Arco Estructural Tecamachalco-Tehuacán-Calipám”. En el desarrollo de este estudio se identificaron nueve unidades litológicas diferentes cuya edad va del Jurásico Tardío al Neógeno. Además, se realizó la caracterización geométrica e interpretación de las estructuras mayores que se desarrollan dentro del área de estudio.

A partir de la identificación de las unidades litológicas y de la caracterización de las estructuras mayores se elaboraron 4 secciones geológico-estructurales, con una dirección aproximada NE-SW. La elaboración de estas secciones permitió mejorar el control estratigráfico, la caracterización geométrica de las estructuras y la documentación de las variaciones en el estilo e intensidad de la deformación.

Las conclusiones principales que se desprenden de este estudio son: a) que el macizo Mixteco-Oaxaqueño influyó de manera notoria en la deformación Laramídica (Cretácico Tardío-Paleoceno) y en la fase extensional postlaramídica de edad terciaria, controlando la geometría y la cinemática de las estructuras observadas en el área de estudio; b) que existen fallas inversas profundas que afectan a rocas del basamento además de las fallas inversas intermedias y someras que afectan a la cobertura; c) el grado de deformación es progresivamente menor de SE a NW; d) dentro de la zona más deformada, ubicada en la porción SE del área de estudio, la deformación disminuye progresivamente hacia el Oriente, y de manera general, el mayor grado de deformación siempre se ubica adyacente al valle de Tehuacán; e) La dirección de acortamiento regional mayor tuvo una dirección E-W; f) Las direcciones de acortamiento deducidas de las estructuras que se observan en la cobertura (pliegues y cabalgaduras) y que forman el arco estructural Tecamachalco-Tehuacán-Calipám son predominantemente NE; deducimos que estas estructuras se formaron por el corrimiento gravitacional de la cobertura sedimentaria en respuesta al levantamiento del basamento durante la fase de compresión regional E-W.

GEOMORPHOLOGIC AND MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE MORELIA-ACAMBAY FAULT SYSTEM, CENTRAL TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT. PRELIMINARY RESULTS AND INTERPRETATIONS

Ewa Szykaruk
Geophysics Institute, UNAM

The Morelia-Acambay fault system (MAFS) cuts longitudinally the central part of the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) that strikes roughly E-W across central Mexico related to subduction along Middle America trench. The MAFS is a roughly 200 km long and 15 to 60 km wide structure. It is one of the most prominent features of this part of TMVB and consists of various fault segments, oriented WSW-ENE to WNW-ESE, with fault scarps up to 500 m high, located to the north of active volcanoes. The activity of MAFS controls the deformational history and sedimentary record of the region at least since late Quaternary and possibly since Miocene. On some of these faults historical seismicity has been registered.

Here I present some preliminary results of the regional scale morphometric and geomorphologic study of the portion of southern MAFS located between Altamirano volcano to the east and westernmost Cuitzeo lake. The study consists of lineament and fault scarp identification on shaded digital elevation models, elaboration of altitude maps, slope inclination maps, topographic profiles, normalized river profiles, drainage density maps and of fault scarp mapping and identification of associated deposits and collapse scars on aerial photos, with subsequent field verification.

The MAFS forms a central depression oriented E-W and occupied by a series of fluvio-lacustrine basins. Transversal, morphologically higher areas oriented NNW-SSE and volcanic edifices separate these basins. The western part of the system features four basins that are, from north to south: Cuitzeo half-graben, Queréndaro-Tarímbaro half-graben, Morelia half-graben and Cointzio half-graben. The latter three are distributed in an en echelon, left-stepping arrangement. The Maravatío half-graben and the Venta de Bravo depression, which forms the eastern prolongation of the former, occupy the central part of MAFS while the Acambay graben occupies its eastern part. The Los Azufres volcanic centre and the area of Acámbaro located to the north of it divide the western basins from the Maravatío depression. The lowermost part of this area lies some 600-m above Cuitzeo lake to the west and 400 m above Maravatío depression to the east. Easternmost Cuitzeo lake shares some properties of the Los Azufres-Acambay region. The Altamirano volcano and the vicinity of Santa María Canchisdá to the SE of it divide the Acambay graben and the Venta de Bravo depression, although the characteristics of the latter make it similar to the transverse high-lying areas rather than to the basinal parts of the central depression.

The altimetric map and topographic profiles clearly show two important features of the studied part of MAFS: (1) the floor of central depressions is step-like, dropping from east to west. This drop is systematic in the way that the floor of each fluvio-lacustrine basin is 200 m lower than the floor of its eastern neighbor. It may be the effect of pre-existing structure or, alternatively, the expression of some component of collapse towards the west. (2) The

north-south profiles show similar trends, with depression floors dropping to the north. This suggests that deformation migrates and becomes progressively greater towards the north. Various features make the basinal parts of the system different from the transverse high-lying areas, among them the two most important are: (1) the fault distribution that is somewhat diffuse in high-lying areas and almost completely restricted to depression limits in basinal portions of the system and (2) the change in the system geometry that leads to formation of grabens in high-lying areas and half-grabens in basinal parts, except for the Acambay graben. Drainage density maps and normalized river profiles suggest uplift in both NNW-SSE oriented margins of Maravatío depression and intense uplift of fault footwalls immediately to the south of Cuitzeo lake, the Charo segment further south, part of the Venta de Bravo fault east of San Miguel volcano and the La Trasquila fault in the NW border of the Los Azufres caldera.

GET-41 CARTEL

GRAVITY ANOMALIES AND CRUSTAL STRUCTURE OF THE GUERRERO AND MIXTECA TERRANES, CENTRAL-SOUTHERN MEXICO

Frank García-Pérez and Jaime Urrutia-Fucugauchi

Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM
Deleg. Coyoacan, 04510, D.F., Mexico

Crustal models derived from gravity data are used to investigate on the nature of the terrane tectonic boundaries and the lower crust and metamorphic-crystalline basement in the northeastern sector of the Guerrero terrane and northwestern sector of the Mixteca terrane, southern Mexico. The study area lies at the southern limit of the active magmatic arc of the Trans-Mexican volcanic belt (TMVB). The Bouguer gravity anomaly field is characterized by a roughly E-W regional gradient with more negative anomaly values towards the NE. A wide strong gradient anomaly zone oriented NW-SE separates a western Altamirano sector with long wavelength anomalies from an eastern sector with shorter wavelength negative anomalies. The regional field defined in the upward analytical continuation maps is characterized by a negative anomaly zone in the central-northern sector and a positive anomaly zone at the southwestern sector, which give rise to the regional anomaly pattern. The Guerrero-Mixteca terrane boundary is not strongly manifested in the regional Bouguer gravity anomaly field. Two-dimensional crustal models are used to constrain the structure along three ESW-NNE profiles (P-1, P-2, and P-4) perpendicular to the NNW-SSE regional gradient zone and along a NW-SE profile (P-3) across the eastern sector.

GET-42 CARTEL

MODELO TECTONICO PARA BAHIA CONCEPCION, B.C.S.

Ledesma-Vazquez, Jorge
Facultad de Ciencias Marinas, UABC

Se propone un modelo de evolución tectónica para Bahía Concepción que involucra una fuerte componente del tipo de core complex, que difiere esencialmente de los modelos extensionales aplicados al describir la margen del Dominio Central de Baja California. De acuerdo a trabajo previo sobre este tipo de modelos, se reconoce dos etapas principales, ambas de tipo extensional. La

primera de ellas asociadas con eventos definidos dentro del evento de Basin and Range durante el Mioceno, caracterizada por un desarrollo típico de medio graben a lo largo de la margen. La segunda etapa corresponde a una reactivación de un área previamente extendida durante el Plioceno inferior, limitada longitudinalmente por zonas de acomodamiento e involucrando la presencia de detachments, tal como el de Santispac que corresponden a las partes superior de los bloques involucrados y el más importante, que se propone se presenta en el contacto entre el basamento regional representado por granitoides cretácicos y la secuencia del Grupo Comondú esencialmente volcánica, que constituye a su vez el basamento local. El plano de deslizamiento caracterizado por el contacto aflora en península Concepción, generando el afloramiento del basamento regional en las partes más altas de la península a los 400 metros. Los abanicos aluviales presentes en península Concepción, son aún más recientes y asociados quizás con eventos muy recientes.

GET-43 CARTEL

ONSET OF CONTINENTAL TRUNCATION OF SOUTHWESTERN MEXICO IN LATE CRETACEOUS TIME

J.C. Guerrero-Garcia and E. Herrero-Bervera

Instituto de Geología, UNAM, Mexico
SOEST-HIGP, Univ of Hawaii at Manoa, USA

As geological, geophysical and geochemical evidence keeps accumulating over the years, there seems to be a growing general acceptance that the Chortis block (nuclear Central America) occupied a position further to the NW along the present-day margin of southwestern Mexico, sometime between Early Jurassic and Neogene time. The controversy resides no longer in the sense of motion along the coast but on the timing of events and in the latitude that the Chortis block occupied at the time of detachment. Previous studies mainly confined to the northern margin of the Chortis block, confirmed a left-lateral displacement of 130 km in Neogene times. Further studies made northwestward along the Mexican coast provided a better understanding of magmatic and metamorphic processes, and suggested times of detachment increased to 30 Ma (Wadge & Burke, 1983), 40 Ma (Schaaf et al., 1995), and 66 Ma (Herrmann et al., 1994). The pre-detachment westernmost position of the block has changed, depending on the tectonic model chosen, from Puerto Vallarta and beyond, to the current position.

We contend that several indicators, namely: (1) The truncated nature of the Pacific coast of SW Mexico; (2) The genesis of the Kula-Farallon ridge at 85 Ma; (3) The 2,600 km of northward transport of the Baja British Columbia from the present-day latitude of the Baja California Peninsula beginning at 85 Ma; (4) The paleomagnetic counterclockwise rotations of areas both in the Chortis block and along the Mexican coast, during Late Cretaceous-Paleogene time, and (5) The systematic decrease of radiometric dates beginning at 85 Ma in Puerto Vallarta, point all them to this time, region and mechanism for the onset of strike-slip drifting of the Chortis block toward its current position.

GET-44 CARTEL

VULCANISMO Y DEFORMACIÓN DURANTE LA TRANSICIÓN SIERRA MADRE OCCIDENTAL - FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA EN EL CENTRO DE MÉXICO

M.T. Orozco-Esquivel, S.A. Alaniz-Álvarez y A.F. Nieto-Samaniego

Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM

Apdo. Postal 1-742, Querétaro, Qro., 76001, México

En la región comprendida entre San Luis Potosí y Querétaro convergen tres provincias geológicas: la Provincia Volcánica Sierra Madre Occidental (PVSMOc), la Sierra Madre Oriental y la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). El patrón de fallas en esta región está constituido por fallas reactivadas de tres sistemas regionales: El sistema de fallas N-S Taxco-San Miguel de Allende, los sistemas NW-SE del Bajío y San Luis de la Paz-Salinas Hidalgo (SLP-SH) y el sistema NE-SW Chapala-Tula. Con base en la estratigrafía y el estudio de las fallas, se documentaron cuatro eventos principales de deformación:

1) En el Oligoceno, un evento de deformación con dirección de máxima extensión ~E-W activó el sistema N-S (Fallas San Miguel de Allende y Querétaro-norte), los sistemas de fallas NW-SE del Bajío y SLP-SH y el sistema NE-SW (Fallas La Joya e Ixtla, graben de Villa de Reyes, graben de la Saucedá y graben de Comanja). El pico de la deformación (30-27 Ma) coincide con el emplazamiento de grandes volúmenes de lavas e ignimbritas, principalmente riolíticas. Esta fase de deformación y vulcanismo está presente en la porción norte del área (Mesa Central).

2) Entre 24 y 16 Ma se presenta un hiatus tanto en el vulcanismo como en la deformación. En el Mioceno medio (12-9 Ma) la deformación ocurre en la porción sur del área, con dirección de extensión máxima ENE-WSW, activando fallas de los tres sistemas: sistema N-S (Fallas San Miguel de Allende y Querétaro-norte); sistema NW-SE con desplazamiento mínimo (sistema de fallas del Bajío); sistema NE-SW (Fallas Palo Huérfano y La Joya). Este evento coincide con el vulcanismo poligenético del Mioceno medio (Volcanes Palo Huérfano, La Joya, Zamorano, San Pedro).

3) En el Mioceno tardío (7.5-5.6 Ma) la dirección de extensión máxima cambió a NE-SW y la deformación migró hacia la porción SE de área, reactivando sólo dos de los sistemas: sistema N-S (fallas Querétaro-centro, 5 de Febrero, San Bartolomé, Tlacote); sistema NE-SW (Fallas Ixtla, Central, Dique El Patol). Durante este evento se depositó el Volcanoclástico Querétaro y se emplazó vulcanismo máfico, principalmente fisural.

4) Un evento pliocénico-reciente (< 5.6 Ma) con dirección de extensión máxima NNW-SSE a N-S activó numerosas fallas del sistema NE-SW (Chapala-Tula). El sistema N-S también liberó deformación durante este evento (Fallas Sanfandila, Querétaro-sur). Este evento se ubica en el extremo SE del área de estudio y corresponde típicamente a la deformación del centro de la FVTM en el sistema Chapala-Tula. Sincrónicamente, ocurrió un evento de vulcanismo poligenético emplazado a lo largo de la traza de la Falla Taxco-San Miguel de Allende (volcanes Cimatario, Cerro Grande, Altamirano y caldera de Amealco).

Se concluye que cada evento post-eocénico reactivó como fallas normales al menos dos de los sistemas de fallas preexistentes, permitiendo deformación tridimensional. Entre el Oligoceno y el Reciente, el vulcanismo y la deformación migraron hacia el SE, existiendo entre ambos una relación directa, espacial y temporal, que indica que fueron eventos sincrónicos. En ese mismo periodo, se documenta un cambio en la dirección de máxima extensión de ~E-W a ~N-S.

Reunión Anual 2001

Sesión

Geología y Geofísica Ambiental

Lunes 5

SALA C

GGA-01

GEOLOGIA DE LOS ALREDEDORES DE PUERTO VALLARTA, JALISCO, APLICADA A EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO

Manuel Aragón Arreola¹ y Francisco Núñez Cornú²

¹ División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C. México

E-mail: maragon@cicese.mx

² SisVOC, Universidad de Guadalajara

Puerto Vallarta (PV) es un importante polo de desarrollo turístico. El aumento en la oferta de servicios ha provocado un rápido crecimiento de la ciudad. Promovido por las autoridades de Protección Civil del Estado, se ha iniciado la elaboración de un Atlas de Riesgos Naturales que constituirá la base de un plan de crecimiento urbano. Alrededor de PV afloran rocas cristalinas, sedimentarias y volcánicas de edades variadas:

Al sur y este de PV afloran granitos de dimensiones batolíticas que constituyen el basamento cristalino. Presentan diversas facies: granitos de biotita, de hornblenda-biotita y de muscovita. El batolito está fracturado en por lo menos 3 direcciones, la medición de fracturamiento en varias localidades no arroja tendencias coherentes. Se documentan facies pegmatíticas. Se diferencian cuerpos intrusivos discretos que sugieren el emplazamiento en forma de pulsos.

Al este y noreste de PV, aflora una secuencia vulcanosedimentaria constituida por grauvacas de granulometría variada, aglomerados volcánicos, andesitas y tobas. La secuencia varía verticalmente: hacia la base dominan los sedimentos, hacia la cima, el componente volcánico y aglomerático. La secuencia está basculada hacia el norte, cortada por fallas normales y localmente plegada. La secuencia está intrusionada por diques de composición andesítica y diques de composición granítica cercanos a los contactos con el batolito.

Al norte de PV, hacia El Pitillal e Ixtapa, afloran secuencias terrígenas formadas por conglomerados y arenas. Se distinguen dos unidades, la inferior está basculada, los conglomerados son angulosos y las arenas son generalmente gruesas, el color de la matriz es rojizo y verdoso. La unidad se extiende a localidades al sur de PV, como Los Arcos. La unidad superior yace casi horizontal, los clastos son redondeados, las arenas varían de medianas a gruesas con algunos horizontes limosos; se desarrollan estructuras de canal, estratificación cruzada de bajo ángulo, gradación normal y fallas de crecimiento. Se observa fallamiento normal con salto superior a 8 m. El afloramiento de estas unidades está confinado entre el pie de la sierra y una línea subparalela a la costa que define dos eventos de terrazas marina. Estas unidades clásticas están cortadas por un patrón de drenaje rectangular, al parecer asociado con fallamiento.

Al sur de PV, inmediato a la costa afloran rocas volcánicas extrusivas de color oscuro y edad desconocida, al parecer más jóvenes que los conglomerados, muy deleznales, con alto contenido de vesículas, probablemente extruidas como derrames AA. Al norte de PV se localiza el sistema fluvial del Río Ameca, con una llanura de inundación de ~ 8 km de ancho. Cerca de la desembocadura el cauce ha variado su ubicación en más de 3 km.

En los granitos se observan deslizamientos pequeños, principalmente volcamiento de bloques que pueden llegar a bloquear vías terrestres. En la unidad vulcanosedimentaria se observaron deslizamientos de varias magnitudes, desde flujos de lodo y flujos de detritos hasta un deslizamiento rotacional antiguo, y grande, localizado en la vertiente del Río Cuale. Los deslizamientos pequeños pueden causar daños a extensiones reducidas (< 1 Ha), en tanto los deslizamientos rotacionales pueden provocar represamiento, los flujos de lodos asociados podrían representar una amenaza seria para la ciudad.

El fallamiento normal en sedimentos no consolidados refuerza la hipótesis de una zona tectónicamente activa, es de esperarse que la actividad sísmica sea importante. Los cambios drásticos en el nivel del mar, marcados por la formación de sistemas de terrazas pueden estar asociados a cambios bruscos en la actividad tectónica.

Las rocas volcánicas al sur de PV no están bien comprendidas, pero de ser tan jóvenes, como su posición estratigráfica sugiere, será importante responder la pregunta de a qué tipo de actividad estuvieron asociadas y si los centros de actividad hidrotermal reportados en la bahía pueden asociarse a actividad volcánica.

La zona de desembocadura del Río Ameca (Las Juntas e Ixtapa) es muy dinámica, el desarrollo urbano tiende a utilizar estos terrenos planos, inundables, sin el desarrollo de suficientes obras civiles de defensa. Además de esta área se presentan también problemas de inundación en las zonas bajas cercanas a la marina (Río Pitillal).

GGA-02

ATLAS DE RIESGOS NATURALES DE PUERTO VALLARTA

F. Núñez-Cornú, C. Suárez Plascencia, M. Aragón, M. Rutz, M. Morandi, J. García-Puga y M. González-Ledesma
SisVOC, Universidad de Guadalajara

Por ley todos los municipios de Jalisco deben tener un Atlas de Riesgos Naturales, sin embargo a la fecha no existe una normativa de las características y contenidos de dichos Atlas. La Secretaría de Desarrollo Urbano del Estado de Jalisco estableció un convenio a tres años con el Centro de Sismología y Volcanología de la Universidad de Guadalajara para desarrollar la base de lo que será el Atlas de Riesgos Naturales de Puerto Vallarta. Para realizar este trabajo se empezó por recopilar toda la información disponible de meteorología, sismicidad, reportes de daños y desastres históricos, etc. Se han identificado tres como los fenómenos más peligrosos en la región: inundaciones (el más frecuente), deslizamientos de tierras y sismos (el de más alto riesgo). Este convenio contempla también los estudios de vulnerabilidad en la zona urbana de Puerto Vallarta. Las inundaciones más frecuentes son las del tipo Inundación Repentina, este problema es en gran medida generado y agravado por la obstrucción y bloqueo de los arroyos o drenaje natural, en el crecimiento desordenado y anárquico la zona urbana de Puerto Vallarta en el área del Pitillal, Las Juntas y la zona oriente de la ciudad en la zona de la Montaña. Las Inundaciones Lentas por lo general se producen cuando la trayectoria de un huracán de categoría superior a dos(2) cruza Bahía de Banderas o las cuencas que desembocan en esta región. Aunque en promedio cada dos años la trayectoria de un ciclón tropical cruza por esta región, la última importante fue la ocasionada por el Huracán Virgil en 1992. Un análisis preliminar confirma que esto sucede aproximadamente cada

20 años lo cual, como era de esperarse, coincide con la media mundial. Para identificar las zonas de inundación y escurrimientos de aguas así como las zonas más propicias a deslizamientos de tierra se generaron modelos de elevación de terreno utilizando diferentes técnicas y características. La región de Bahía Banderas forma parte de una Zona de Alto Potencial Sísmico (también conocido como Gap Sísmico) donde se espera que en el corto tiempo ocurra un terremoto generado por la subducción de la placa de Rivera bajo la placa de Norteamérica (Bloque de Jalisco) con una magnitud superior a 7.8 en la escala de Richter. Por otra parte, contrariamente a las hipótesis que se tenían para esta región, la sismicidad en la zona de Bahía Banderas es alta, aunque el nivel de magnitud es menor otras partes de la costa Sur de México. En los cortos períodos de observación microsísmica que se han realizado se registraron por medio de algoritmos de disparo una media de 80 eventos sísmicos a la semana localizados en el área de la Bahía. A partir del estudio geomorfológico se infirieron numerosos lineamientos estructurales, la correlación de estos con los patrones epicentrales sugiere que algunos de estos lineamientos son fallas sísmicamente activas.

GGA-03

CUANTIFICACIÓN DE FENÓMENOS NATURALES CATASTRÓFICOS A PARTIR DE FUNCIONES DE PROBABILIDAD UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. CASOS DE ESTUDIO: DESLIZAMIENTOS EN TIJUANA Y ENSENADA

Manuel Aragón Arreola y Alejandro Hinojosa Corona
 Depto. Geología, CICESE
 Km 107 Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C. México
 E-mail: maragon@cicese.mx

La caracterización de fenómenos naturales catastróficos (**FNC**) que amenazan la integridad de bienes materiales y vidas humanas ha sido ampliamente abordada en las últimas décadas; se han desarrollado una terminología y diversas metodologías para su caracterización, sin embargo la cuantificación ya sea del peligro o del riesgo por **FNC** es un tema aún en desarrollo.

En este trabajo proponemos un método para formular estimaciones cuantitativas probabilísticas a partir de modelos conceptuales (cualitativos) de peligro y riesgo geológico, se hace énfasis en la comparación entre ambos para validar la metodología usando dos casos de estudio.

Cada **FNC** es efecto de una serie de procesos, cuya definición es parte del problema físico. Por ejemplo, los deslizamientos de ladera son producto de la interacción de variables geológicas (litología, contactos, fallamiento, fracturamiento...), geomorfológicas (pendiente, densidad de disección, forma del relieve...), hidrológicas (precipitación, aguas subterráneas, presión de poro...), sociales (tipo de construcción, densidad de construcción, alteración del relieve...), etc.

El método se basa en definir los **FNC** como una variable aleatoria, esto es, que sólo puede predecirse probabilísticamente. La función de probabilidad (**fdp**) que describe un **FNC** es una función multivariada, que puede expresarse como:

$$FNC = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, \varepsilon)$$

donde $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ son cada uno de los procesos causales y ε es la componente de error que representa aquello que no puede ser entendido ni medido. Con base en el concepto del método clásico de separación de variables, podemos descomponer la **fdp** de tal manera que:

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, \varepsilon) = f(x_1)f(x_2)f(x_3)\dots f(x_n)\varepsilon$$

donde $f(x_1)f(x_2)f(x_3)\dots f(x_n)$ son funciones de probabilidad que describen cada uno de los procesos causales. ε representa nuevamente la componente de error.

La implementación de esta metodología requiere que todas las funciones puedan ser expresadas analíticamente, o bien, ser manejadas en forma discreta. En ambos casos pueden introducirse factores de pesos para cada función. Cada una de las variables está referida a un marco geográfico, que permite su manejo mediante un sistema de información geográfica. En la práctica, variables como pendiente, fallamiento, fracturamiento, contactos (y las zonas de influencia de los tres últimos, i.e. amortiguamiento), pueden ser descritas en forma analítica con buena aproximación.

Se presentan análisis cuantitativos de peligro por deslizamientos de ladera en las zonas urbana y conurbada de Tijuana y Ensenada. El álgebra de mapas se realizó utilizando GRASS. Los fenómenos que se consideraron causales fueron fallamiento, fracturamiento, litología, contactos litológicos inestables y pendiente del terreno. Los resultados, presentados en forma de mapas, muestran superficies suaves que representan probabilidad de ocurrencia, y que tienen una excelente correlación con áreas que han sido afectadas por deslizamientos de ladera. En el caso de Tijuana la validación se basa en la fotointerpretación detallada de accidentes de ladera.

Los resultados son probabilísticos, están limitados por el conocimiento del problema y la calidad de la información. La integración de variables como períodos dominantes del terreno, nivel freático, tipo de suelo, etc., mejoran la calidad de la estimación.

GGA-04

MEDIDAS PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD DE LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA, ANTE CIERTOS DESASTRES NATURALES

Saúl Peña Coronado y Alejandra Montijo Gonzalez
 Depto. de Geología, Universidad de Sonora

La vulnerabilidad que presenta la ciudad de Hermosillo, Sonora, ante los embates de ciertos desastres naturales (inundaciones repentinas, sismos, flujos de lodos, etc.) es alta. Las inundaciones repentinas en Hermosillo se generan principalmente por que los causes naturales de los arroyos que son interrumpidos arbitrariamente por asentamientos humanos, el drenaje pluvial cuando existe se encuentra en su mayoría tapado, la capacidad de conducción de agua de los canales que cruzan por la ciudad ya fue sobrepasada y la mayoría se encuentran sucios, la mala planeación urbana, etc. A fin de reducir la vulnerabilidad de la ciudad ante las inundaciones se proponen una serie de medidas descritas a continuación: crear un desarrollo urbano responsable y multidisciplinario que tome en cuenta los peligros y riesgos naturales, lograr fomentar una cultura de prevención y en su caso mitigación de los efectos producidos por las inundaciones.

La falta de estudios y equipos especializados, la construcción de edificios en zonas irregulares y el desconocimiento o poca información que tiene la sociedad de la ocurrencia de sismos en esta ciudad la hace especialmente vulnerable por lo que se proponen las siguientes medidas para reducir la vulnerabilidad sísmica; colocar una red de acelerógrafos a fin de elaborar un mapa de aceleraciones de suelo, colocar una red de sismógrafos para detectar y analizar pequeños movimientos sísmicos que generalmente no son percibidos por el hombre, analizar estructuralmente los principales edificios a fin de conocer el valor de su periodo fundamental (Pf) y compararlo con el valor de (Pf) del suelo, revisión del código de construcción que prevalece en la ciudad y en su caso implementar ciertos criterios de construcciones antisísmicas, elaborar mapas de peligros y riesgos sísmicos, elaborar una micro zonificación sísmica, entre otras más.

Las condiciones litológicas que imperan en la ciudad no son las ideales para que ocurran eventos potenciales de flujos de lodos (catastróficos) sin embargo, existen flujos (arenas y arcillas) en una menor proporción que afectan a la comunidad y el problema se agrava por la falta de pavimento en las direcciones principales del flujo, la colocación de bardas y casas que obstruyen el paso de los mismos, el desconocimiento de cómo combatir a este fenómeno y la minimización del problema ha hecho que la vulnerabilidad de la ciudad ante este evento sea alta. Las medidas a tomar con el objetivo de reducir esa vulnerabilidad son muy sencillas; identificar a detalle las principales zonas de flujo masivo de lodos y pavimentarlas, cuantificar el volumen de arenas y arcillas existentes en los taludes, respetar y dar mantenimiento a los causes naturales y colocar áreas de retención de lodos antes de que estos lleguen a la zona urbana.

GGA-05

EVALUACION DE RIESGO POR INUNDACIONES Y ACARREOS DE MATERIAL SEDIMENTARIO EN LA CIUDAD DE LA PAZ, BCS, PROPUESTA DE INVESTIGACION APLICADA

Martínez Noriega César, Alvarez Arellano Alejandro, Gaitán Morán Javier y Rojas Soriano Humberto
Depto. de Geología, UABCS

La Ciudad de La Paz se encuentra asentada sobre un abanico aluvial activo formado durante el Cuaternario por los materiales sedimentarios acarreados por el arroyo El Cajoncito. Este depósito está constituido por arenas y gravas no consolidadas de fácil arrastre en volúmenes variables regidos por la magnitud de las precipitaciones principalmente asociadas a tormentas tropicales y huracanes que afectan la región durante los meses de julio a octubre.

Al oriente de La Paz se encuentra muy cercana la Sierra Las Cruces, la cual es fuente de aporte de los sedimentos que conforman el abanico. La distancia que existe entre la ciudad y la parte más elevada de la sierra, donde se origina el arroyo El Cajoncito es de 8 km y la altura de esta cabecera es de 1200 m lo cual refleja la magnitud del riesgo que representa la ubicación de este centro de población.

El centro urbano tiene una pendiente natural pronunciada de aproximadamente 4 grados, característica de las partes distales de abanicos. Otra peculiaridad de esta porción del abanico es la disección por los arroyos que se distribuyen formando una red

densa e irregular cuya estructura está gobernada por microcuencas que cubren la ciudad.

Con el fin de proteger a la ciudad de los escurrimientos pluviales y del transporte de sedimentos se construyeron obras hidráulicas aguas arriba del arroyo mencionado como son bordos de encauzamiento y una presa en la parte alta de la cuenca. Sin embargo la superficie que ocupa la ciudad es suficientemente grande como para captar volúmenes de agua que provocan inundaciones, erosión y transporte de sedimentos que trastocan la actividad social y económica, representando un riesgo actual y potencial para la infraestructura urbana y eventualmente para la seguridad y la salud de la población.

El proyecto analizará en detalle las características físicas de los escurrimientos, la infraestructura afectable y desarrollará un mapa de riesgo que sirva de herramienta para planificar y ordenar el territorio así como para agilizar la respuesta y el restablecimiento de las afectaciones. Se sugerirán también las medidas de mitigación de los efectos destructivos de las avenidas para mejorar la calidad de vida de la comunidad asentada en esta ciudad.

GGA-06

EVALUACION DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTOS EN EL MUNICIPIO DE ZACATALAN, PUEBLA

Jorge Jaime Mengelle López
Depto. de Vinculación, ESIA, Unidad Ticomán, Ciencias de la Tierra
E-mail: se_vinculación@hotmail.com

El municipio de Zacatlán, se localiza en la parte centro-norte del estado de Puebla, caracterizándose por tener un clima húmedo, relieve muy accidentado y con predominio de rocas sedimentarias cretácicas, suprayacidas por rocas volcánicas.

Se han clasificado en tres grados las zonas de riesgo, como alto, medio y bajo; basadas primordialmente en la interpretación de una imagen de satélite con combinación de bandas 2, 4 y 7. Los criterios de evaluación están basados en la combinación de los factores de pendiente del terreno, erosión y tipos litológicos.

Aunque la pendiente no puede medirse el relieve puede ser caracterizado de abrupto a suave, mientras que la erosión puede ser natural y humana originada por la tala asociada al cultivo; y los tipos litológicos arrojan rocas sedimentarias arcillosas. Las zonas clasificadas como de alto grado riesgo se caracterizan por presentar el relieve abrupto, de moderado a alto grado de erosión, aunados a la presencia de rocas sedimentarias arcillosas y tobas principalmente muy intemperizadas.

En la siguiente etapa que consistió en verificar las zonas de alto riesgo se observó que las rocas sedimentarias consisten en calizas e intercalaciones de calizas con lutitas y lutitas con fuertes plegamientos dando como resultado fuertes echados de los estratos que en la mayoría de los casos son prácticamente paralelos a la pendiente del terreno. Las rocas volcánicas están representadas por basaltos fracturados así como tobas bien soldadas y otras muy deleznales, todas ellas con contactos muy intemperizados.

Con relación a la erosión se identificó que existen diversas zonas de cultivos con extensiones que van de los 50m hasta 1000 m, además de que los valores de pendiente del terreno exceden los

30°. De lo anterior se deduce que los diversos deslizamientos ocurridos en 1999 en dicho municipio se desarrollaron fundamentalmente sobre planos de estratificación entre lutitas y calizas y en las mismas lutitas, mientras que en los tobos se originaron en fracturas, en las más soldadas o consolidadas propagándose hacia las que son mas deleznales.

Todos estos factores tienen en común un relieve muy accidentado, siendo el agente acelerador la coincidencia de un gran porcentaje de humedad en la atmósfera y un sismo registrado en ese mismo año, antes de los deslizamientos.

GGA-07

LOS DESLIZAMIENTOS EN MASA EN ÁREAS URBANAS: EL CASO DE OCOLUSEN EN LA CIUDAD DE MORELIA, MICH., MÉXICO

Arreygue-Rocha E., Hernández-Madrigal V.M., Garduño-Monroy V.H., Mora-Vences F. y Domínguez-Ortiz F.
Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, U.M.S.N.H.

La Ciudad de Morelia se localiza 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 zonas de riesgos que hasta 1970 habían sido consideradas como reservas naturales.

En los últimos diez años las construcciones han llegado a la base del escarpe de la falla denominada La Paloma, ubicado al sur de la ciudad, caracterizado 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.

La expansión, no planificada de la ciudad, ha ocasionado que áreas caracterizadas por un alto grado de peligrosidad geomorfológica (por ejemplo, amplias áreas de taludes inestables) fueran objeto de urbanización.

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 de los materiales, también las dimensiones de los fenómenos resultan extremadamente variables.

Fenómenos de deslizamiento rototraslacionales han sido reconocidos en diferentes puntos del escarpe. Movimientos de derrumbe y volcamiento 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.

En la base del deslizamiento de Ocolusen se ubican dos Escuelas Secundarias, una de ellas tiene doble turno escolar, además al Este se localiza el Fraccionamiento del Fira, por lo cual consideramos que es una zona de riesgo.

Para el movimiento de Ocolusen se decidió hacer estudios de Mecánica de Suelos, Mecánica de Rocas, Sondeos Eléctricos y analizar la climatología de la zona. El objetivo es conocer las características mecánicas de los materiales involucrados en dicho movimiento, así mismo poder determinar la profundidad del material consolidado y de esta forma conocer la geometría de los cuerpos inestables y calcular el Factor de Seguridad. Estos elementos son útiles para hacer propuestas sobre el comportamiento futuro de estas zonas inestables.

GGA-08

ZONAS DE DEPÓSITO DE SEDIMENTOS EN LA MARGEN NORTE DEL CERRO LA VIRGEN, ZACATECAS

Escalona-Alcázar, F.J.¹⁻², Nava-De la Riva, J.C.³⁻⁴ y Nájera-Garza, J.²

¹ Depto. de Ordenamiento Ecológico, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas, GODEZAC

² Unidad Académica de Minas, Metalurgia y Geología, UAZ

³ Depto. de Impacto y Riesgo Ambiental, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas, GODEZAC

⁴ Universidad Autónoma de Durango, Campus Zacatecas

En la planificación del crecimiento de la Ciudad de Zacatecas no se han tomado en cuenta los riesgos naturales potenciales a que pudiera estar expuesta la ciudad con este crecimiento sin planificación. Como ejemplo de lo anterior están las obras mineras subterráneas abandonadas, de las que no se conocen su extensión ni estabilidad, pero que sobre ellas se preparan terrenos para fraccionamientos o infraestructura carretera. Otro riesgo potencial que no ha sido evaluado y que es materia de este trabajo, es la cartografía de las potenciales zonas de erosión y la distribución de los sedimentos que de ahí derivan.

En la margen norte del Cerro La Virgen las unidades litológicas que afloran, de la base a la cima, son el informalmente denominado Conglomerado Rojo de Zacatecas que está cubierto por una secuencia volcánica pobremente descrita. En la base de la secuencia volcánica hay sitios que presentan alteración hidrotermal intensa; también, hay escasos sitios que presentan oxidación. Los conductos por los que migraron los fluidos hidrotermales fueron fracturas y fallas de orientación preferente NW-SE y en menor proporción NW-SW. Debido a la alteración e intemperismo en los sitios alterados y a la remoción de sedimentos por efectos del agua, aire y gravedad, el transporte de los sedimentos ha ocurrido a lo largo de canales bien definidos. En los lugares que no muestran alteración no se observa este fenómeno.

Las zonas de depósitos muestran estratificación paralela y la alternancia de estratos formados por arena con estratos formados por guijarros y cantos rodados, éstos últimos con escasa matriz de arena, lo que sugiere una alta porosidad. El material no está consolidado y se observa reptación del suelo, el cual está cubierto con vegetación de matorral. El peligro de los estratos de materiales gruesos deriva en que durante un régimen continuo de lluvia o durante una lluvia torrencial, la infiltración del agua a través de ellos pudiera provocar el flujo de los sedimentos con el consecuente daño a la infraestructura carretera y urbana que vive aguas debajo a lo largo de los mismo canales de depósito.

GGA-09

MODELIZACIÓN DEL RÍO CHIQUITO EN LA CIUDAD DE MORELIA, MICH., MÉXICO

Arreygue-Rocha J.E., Hernández-Madrigal V.M. y Garduño-Monroy V.H.

Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, U.M.S.N.H.

La Ciudad de Morelia se fundó en el año de 1541 ocupando la parte más alta del valle de Guanyangareo, lejos de las zonas de inundación de los Ríos Grande, Chiquito y La Hoya. Actualmente, con su nueva mancha urbana Morelia vive constantemente periodos de tensión a causa de las inundaciones provocadas por el Río Chiquito.

En el presente estudio se considera la situación del Río Chiquito, afluente de derecha del Río Grande.

Este río se localiza en la parte sur de la ciudad y su longitud es de aproximadamente 20 Km, su cuenca hidrográfica tiene una extensión de 85 km², su cauce fue rectificado en 1939 y en particular sus secciones fueron redimensionadas para un gasto máximo de proyecto de 125 m³/seg.

Actualmente el cauce se ve afectado de una fuerte sedimentación y de una espesa cobertura vegetal, todo esto lleva a una sensible reducción del área hidráulica y a un aumento de la peligrosidad por inundaciones en las zonas inmediatamente adyacentes al curso de agua. Estudios hechos por CNA en 1980 sobre la capacidad hidráulica efectiva del Río Chiquito, en ausencia de los puentes, han evidenciado un gasto de 70 m³/seg. Tal reducción del gasto está directamente relacionada con la fuerte sedimentación y a la presencia de la cobertura vegetal.

En el año del 2000 se colocaron cinco puentes más sobre el tramo del Río Chiquito sumando en total 19 puentes con diferentes secciones. Con la información que se ha obtenido suponemos que estos nuevos puentes crearán más problemas de los anteriormente existentes, ya que no se respetó la altura de proyecto. Considerando esta problemática se realizó un nuevo levantamiento topográfico en Mayo de 2001 donde se tomaron las nuevas secciones transversales.

Por lo anterior se decidió realizar dos modelos, el primero con toda la información referente hasta 1980 incluyendo sus puentes y el segundo con las nuevas secciones transversales e incluyendo también los nuevos puentes. El objetivo es conocer cuáles serán las partes más críticas y cual será el comportamiento del río con estas nuevas estructuras y con este cambio de secciones.

También, con el objeto de hacer una estimación de los posibles tiempos de retorno del Río Chiquito, se analizaron los gastos máximos, según la ley de los valores extremos de Gumbel, registrados en la estación hidrométrica del río actualmente en desuso.

El tramo del río examinado con la información de CNA tiene una longitud de 6,200 m con un desnivel de 20 m aproximadamente. Con la información recabada por nosotros el tramo en estudio tiene una longitud de 7,200 m y con un desnivel de 40 m aproximadamente. Para este estudio se utilizó el programa Hec-Ras que permite evaluar el desplazamiento del perfil libre en condiciones de movimiento permanente, así como las condiciones

geométricas y el valor del gasto. También es posible tomar en consideración las influencias de las estructuras de los puentes según su geometría.

GGA-10

RELACIÓN ENTRE EL RIO ATOYAC EN EL VALLE DE OAXACA Y LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE SUS MARGENES

Navarro-Mendoza S., Bautista- Belmonte A., Aragón- Sulik M., Belmonte-Jiménez S.

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca

La posible intrusión de agua contaminada del río Atoyac al acuífero que lo rodea ha sido estudiada utilizando métodos geofísicos, hidráulicos y ambientales; el objetivo de su estudio se deriva del hecho que en el tramo que atraviesa el valle de Oaxaca se ubica la batería de pozos que abastece a la zona urbana y concurrida a través de 31 pozos con profundidades aproximadas de 40 m. y un volumen de extracción de 70,803 Mm³/d. Este río además recibe permanentemente y proveniente de colectores una carga contaminante de 31788.401 Kg/d de Sólidos Disueltos totales; 14,290.085 Kg/d en el sur como resultado de la aportación del río Salado. La carga orgánica total medida a través de la D.Q.O es de 64,840.298 y 29,148.16 Kg/d respectivamente.

En las zonas de aprovechamiento se tienen niveles freáticos de 4.5 en promedio similares que el nivel del río y en algunos casos a bajo de éste. La constitución de las unidades geohidrológicas arcillas y arenas delgadas, arenas y gravas medianas parcialmente saturadas, así como los resultados obtenidos del monitoreo trimestral del nivel freático durante dos años, y las concentraciones de S.D.T, Color, SAAM, Fenoles, algunos metales pesados medidas en la corriente del río y pozos muestreados indican, por un lado la existencia de infiltración debida al bombeo, por otra que estas concentraciones llevan a van incrementando con dirección Norte-Sur.

Lo anterior se explica en gran medida a que las aguas del acuífero explotado son de libre recarga en la mayoría de los puntos y, por tanto, vulnerables a contaminación derivada de las descargas de aguas residuales en la corriente del río. Concluyéndose así, que desafortunadamente la relación que guarda el río respecto a los pozos muestreados es considerable como consecuencia del bombeo intensivo al que está sujeto.

GGA-11

OBTENCIÓN DE LA PERMEABILIDAD DE LA ZONA DE AIREACIÓN POR MEDIO DE FACTORES FÍSICOS PRIMARIOS

Navarro-Mendoza S., Belmonte-Jiménez S. y Bautista-Belmonte A.

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca

En estudios relacionados con el cuidado y protección del agua subterránea se requiere de una gran cantidad de información y parámetros hidrológicos, que en función del objetivo de los mismos, pueden ser determinados directa e indirectamente. La densidad aparente y permeabilidad son un ejemplo de éstos, las cuales

adquieren mayor importancia en la zona de aireación ya que representa la primera línea de defensa natural y la infiltración no se puede evitar. Tal es el caso del acuífero del cual se abastece el valle de Etlá en Oaxaca, y en dónde por un lado se aprovechan pozos con nivel estático superficial desde 40 cm - 7 m, cuyos perfiles muestran estrato de material no consolidado entre 2 - 5 metros, y por otro es una zona en la cual se promueve el establecimiento de zonas habitacionales y parques industriales como el de Magdalena Apasco, por lo que la valoración de propiedades que favorezcan la infiltración son indispensables en la planeación de uso de suelo.

Se utilizaron 37 muestras de material obtenido a una profundidad desde 40 cm hasta 5 metros secadas al aire y libres de materia orgánica; la textura se determinó por densitometría Boyoucos corregida por temperatura. Aplicando el nomograma propuesto por Custodio (1983) y Terzaghi (1980) se obtuvo la permeabilidad del medio en estudio, como ésta se ve influenciada por el contenido salino, en extracto de saturación se determinó el contenido salino medido por conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales. La zona muestreada presentó: un 32% textura migajón arenosa, 19% migajón arcilloso, 16% migajón arcillo arenoso, 11% arcilloso, 8% franco y la diferencia arcilla limosa. La solución que guarda este tipo de textura presenta una conductividad eléctrica de 300 a 3500 micromhos /cm. De acuerdo a la propuesta de Custodio, la zona de aireación es poco permeable. Aunque con la propuesta de Terzaghi el terreno se clasifique como de drenaje pobre, para efectos de vulnerabilidad es recomendable la primera clasificación.

GGA-12

COMPORTAMIENTO HIDROGEOQUÍMICO DE LOS IONES BICARBONATO Y SULFATO COMO INDICADORES DEL POTENCIAL DE GENERACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO EN EL DISTRITO MINERO DE ZACUALPAN, ESTADO DE MÉXICO

Bocanegra-García Gerardo y Carrillo-Chávez Alejandro
Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra, UNAM,
Juriquilla

Se analizaron un total de 47 muestras de agua del distrito minero de Zacualpan, Estado de México, de las cuales 12 corresponden a manantiales y arroyos, 12 a interior mina, 10 a drenaje de jales y 13 a columnas de lixiviación. La alcalinidad se determinó en el sitio de muestreo con el método de Gran, mediante el empleo de un titulador digital Hach con H₂SO₄ 1.6 N. Las concentraciones del ion bicarbonato se agrupan de acuerdo a la procedencia de las muestras. Aquellas provenientes de agua de manantiales y arroyos presentan valores que varían de 23 a 95 mg/l; muestras de agua del interior mina presentan valores de concentración con un rango de 140 a 231 mg/l; muestras de mezcla de agua de jales y arroyos tienen valores de concentración entre 165 a 267 mg/l, y muestras proveniente de jales presentan valores entre 131 a 300 mg/l.

El ion sulfato al igual que el ion bicarbonato presenta relación de valores de concentración con la procedencia de las muestras. Las concentraciones más bajas registradas es de las muestras de agua de manantiales y arroyos, con valores de 6 a 31 mg/l; las muestras correspondientes a interior mina presentan valores entre 65 a 400 mg/l; muestras de mezcla de agua de jales y arroyos esta entre 149 a 565 ppm, mientras que las muestras de drenaje de jales presenta valores de 755 a 846 mg/l.

Los resultados de las muestras obtenidas de las columnas de lixiviación presentan un claro incremento de las concentraciones de ambos iones de acuerdo a la profundidad de muestreo.

En las concentraciones de ambos iones se distinguen dos factores que influyen en el aumento de la concentración, el primero de ellos es el contacto agua-roca y el segundo es el contacto agua-jales. Aunque actualmente los valores de pH medido en todas las muestras de agua varían de 6.96 a 8.2, de acuerdo al tipo de yacimiento de vetas de cuarzo y calcita, no se descarta el alto potencial de generación de drenaje ácido en el distrito minero de Zacualpan una vez que cierre operaciones la mina y se dejen de utilizarse las presas de jales. Este potencial se evidencia al comparar los resultados de campo con los resultados obtenidos de las columnas de lixiviación.

GGA-13

ESTUDIO RADIOMETRICO DEL CORREDOR INDUSTRIAL LERMA-TOLUCA, ESTADO DE MEXICO

Juárez Sánchez F.¹, Aguayo Río A.¹, Hurtado Sil R.M.², Olgin Logero F.³, Flores Ruiz J.H.¹ y Urrutia Fucugauchi J.¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² Asociación Civil LABNA

³ Universidad Ibero-Americana, Campus Santa Fe

Como parte de los estudios ambientales llevados a cabo para documentar el tipo de contaminantes que se vierten “a cielo abierto” por el Corredor Industrial Lerma-Toluca en el canal de desecho líquidos Industriales de las industrias (Química, Metal-Mecánica, Cuero, etc.) Principalmente sin cumplir ninguna Norma Ambiental vigente. A continuación se muestran los resultados de las muestras líquidas y de los sedimentos de los bordes del canal.

Las muestras de fase líquida tomadas de las “aguas residuales” de la salida de la Planta Incineradora de desechos sólidos de la Compañía RECICLAGUA, emite toneladas de partículas de tamaños de 2.5, 5 y 10 micros al medio ambiente durante los 365 días, durante 24 horas que son de las más peligrosas para la salud humana generando cáncer pulmonar, sin que exista hasta la fecha ningún tipo de filtro industrial para eliminar dichas partículas.

La anomalía radiactiva del “espectro” promedio es 2.400 cuentas/min que se tuvo de la fase líquida, tiene un contenido espectral en la zona baja de las energías se tiene la familia de las “tierras raras” tales como: Hafnio (Hf), Europio (Eu) y Lantano (La). Estas tierras raras se utilizan en la industria Automotriz en el diseño de filtros catalíticos (para eliminar la expulsión de los gases tóxicos de las gasolinas) de los automoviles. También se encuentran metales pesados como el Hierro (Fe), Cobalto (Co), Estaño (Sb), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Cesio (Cs) y Plomo (Pb), asociados a la Industria Metal-Mecánica del Corredor Industrial.

Para la fase sólida, en los sedimentos de los bordes de canal de desechos industrial, que se ubica en la parte posterior de la Planta, se tuvo una anomalía “espectro” promedio de 24.000 cuentas/min de los mismos elementos químicos en los sedimentos que son arcillo-arenosos, lo cual sugiere que se reconcentran debido al poder de “absorción” de las arcillas.

El Plomo radiactivo tiene una vida media de 1600 años, que quizás uno de los más tóxicos elementos radiogénicos debido a que se encuentra disuelto en el agua, se fija en el suelo y posteriormente en las raíces de las plantas y por último a la cadena alimenticia del humano.

GGA-14

RESISTIVITY SOUNDING INTERPRETATION BASED ON THEORETICAL CALCULATION OF ROCKS' ELECTRICAL PROPERTIES AT STUDY OF OIL POLLUTED AREA IN MEXICO

V. Shevnin¹, A. Sanchez², A. Mousatov¹, E. Nakamura¹, A. Ryjov³ and V. Korolev⁴

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

Eje Central Lazaro Cardenas #152, Mexico, D.F., 07730,
México

E-mail: vshevnin@imp.mx

² EcoExel, Mexico

³ MSGPA, Russia

⁴ MSU, Russia

The study of oil pollution on the territory of oil-refining factory in Mexico was performed by EcoExel company for PEMEX. IMP group consulted application of resistivity sounding. The pollution in this place is known for a long time and some operations on remediation were already performed. The present stage of studies has the purpose to estimate a present ecological state of ground after previous remediation and to plan places, amount and order to continue remediation.

Resistivity sounding (VES) on this territory was applied for the first time, before boring and chemical sampling were used. The great part of the area is covered by concrete 20 cm thick, there are some buildings and industrial constructions, and the studies were performed along the internal roads of the factory. The high level of geologic and electromagnetic noise caused some problems in VES field application and data analysis. For a decrease of noise influence the special field technology and data processing for two-sided pole-dipole sounding array with geological noise canceling was applied.

The system of VES profiles in the area has allowed seeing investigated object both in plan and with depth. From several wells the groundwater conductivity was estimated, that allowed to calculate theoretically the resistivities of all rock (mainly sands and clays). In oil-polluted places these resistivities were much lower. The similar anomalies of low resistivity were earlier found in Russia, Finland and USA. The reason of low resistivity is bacterial oil degradation. The comparison of theoretical calculations of rocks electric properties with VES results has allowed performing correctly polluted places mapping.

Oil pollution was found at two levels (above GWL on 2-2.5 m from the earth surface) and below in the zone of a full water saturation (on depths from 4 up to 10 m). The possibility of oil pollution movement below ground water level was known and found earlier in some other places and the cause of this was increasing of petroleum density above that of water as a result of biodegradation. The oil pollution was localized in several areas of linear outlines bound or connected with fault zones. Some faults were known earlier, others were detected on VES data. The oil pollution below GWL is placed in clays, instead of sands. This fact was confirmed by drilling and chemical analysis.

The block structure of territory dissected by faults system built on VES data, has allowed explaining numerous chemical analysis and detecting a different pollution composition in each block, resulted probably from different sources and of different ages. Estimation of oil pollution below GWL and in clays probably necessitates revising the remediation program.

GGA-15

ESTUDIO DEL SUBSUELO CONTAMINADO POR HIDROCARBUROS APLICANDO EL METODO DE SONDEO ELECTRICO VERTICAL EN ZONAS RURALES Y URBANAS

Vladimir Shevnin y Omar Delgado Rodríguez
Instituto Mexicano del Petróleo

El método de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) ha sido usado con frecuencia en estudios de impacto ambiental. En los últimos años ha surgido una nueva modificación de este método llamada Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE), siendo mucho más rápida y precisa, utilizando un gran número de electrodos conectados automáticamente. Específicamente, en el análisis de la contaminación por hidrocarburos este método ha mostrado ser efectivo, destacando las zonas contaminadas del subsuelo como una anomalía conductora. En este trabajo se exponen los modelos geoelectrónicos correspondientes a un área contaminada ubicada en las inmediaciones de Poza Rica, Ver., México.

En la aplicación de la TRE al estudio del subsuelo contaminado por productos petroleros se presentan dos problemas: primero, la contaminación frecuentemente ocurre en zonas industriales o urbanas donde gran parte de la superficie del terreno está cubierta por asfalto o concreto. La aplicación de SEV o TRE requiere de un gran número de perforaciones para la colocación de los electrodos de corriente y potencial. En este trabajo se presenta la variante del uso de electrodos de potencial activos con instrumentación ERA en áreas urbanizadas, reduciendo considerablemente el número de perforaciones necesarias para la aplicación del método. La similitud entre los resultados obtenidos con electrodos de potencial activos y de tipo convencional fue probada experimentalmente.

El segundo problema está relacionado con la identificación de las zonas contaminadas y no contaminadas a partir de los valores de resistividad. Este problema ha sido resuelto mediante el cálculo teórico de la resistividad de las rocas y su comparación con los valores medidos en el campo.

GGA-16

ESTUDIO GEOLOGICO AMBIENTAL EN LA SELECCION DEL SITIO PARA EL CONFINAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES, NACAZARI DE GARCIA, SON.

Fernando Vásquez López, Alejandra Montijo Gonzalez y
Miguel Rangel Medina
Depto. de Geología, Universidad de Sonora
E-mail: fernando@marina.geologia.uson.mx

En todas las ciudades que presentan un desarrollo acelerado, el problema de manejo y disposición de desechos sólidos ha contribuido al deterioro del medio en esos centros de población.

Debido a que estas ciudades han visto incrementarse considerablemente en las últimas décadas y en consecuencia la generación de residuos sólidos municipales ha ido también en aumento, sin embargo que en la mayoría de los casos no se cuenta con un sistema de disposición final de estos desechos que solucione de forma integral la problemática ocasionada.

El municipio de Nacozari, situado al Noreste del estado de Sonora, cuenta con grandes problemas de contaminación, en los que destacan: aguas negras provenientes de un mal diseño de la red de drenajes, tuberías en mal estado, terreros de jales abandonados por la actividad minera y sobre todo el mal manejo y disposición de sus residuos sólidos, los cuales son depositados en lugares a cielo abierto sin cumplir con las normas adecuadas para su funcionamiento. Esto a contribuido al deterioro y degradación del medio ambiente, provocando un ambiente hostil para la vida en dicho municipio.

No obstante esta situación, no se dispone de la infraestructura necesaria en condiciones óptimas de organización y funcionamiento para enfrentar adecuadamente el tratamiento y confinamiento final de los residuos sólidos.

La presentación de este trabajo, por facilidad metodológica se hizo por operaciones específicas, se inicia y concluye con las actividades de selección del sitio, en lo que presenta su marco geológico de referencia y geología aplicada y ambiental.

Consecuente con lo anterior, el objetivo principal de este trabajo es desarrollar dicha metodología para alcanzar mayores beneficios que los que ofrecen los actuales procedimientos, en los aspectos técnicos, sociales, económicos y ambientales, mediante la investigación y desarrollo de una nueva aplicación tecnológica, que permitirá solucionar los problemas derivados de los actuales procedimientos, a través de la integración de las siguientes disciplinas: geotecnia, ingeniería agronómica y forestal, ingeniería medioambiental, ciencias básicas, ciencias sociales y económicas.

GGA-17

RESTAURACION DE AREAS DEGRADADAS POR EL HOMBRE. ESTUDIO DE CASO BASURERO MILPA ALTA, ZAPOPAN, JAL.

Maciel-Flores R., Echauri-Galvan E.B. y Peña-García L.E.
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias,
Universidad de Guadalajara
E-mail: romacielf@cucba.udg.mx

El basurero que se pretende sanear, se ubica en antiguas barrancas de tributarios del arroyo Milpa Alta, el cual esta cercano al Periférico y Av. Acueducto dentro del Municipio de Zapopan. Motivo por el que se le conoce como **Basurero de Milpa Alta**. El mismo se desarrollo, hace aproximadamente 20 años y en el se vertió basura domestica principalmente de los municipios circundantes, seguramente en mayor proporción de Guadalajara.

Sondeos realizados nos indican que existen depósitos dispersos en al menos siete hectáreas con un volumen estimado de 300,000 m³.

En base a los análisis realizados en diferentes laboratorios, la misma es clasificada como una sustancia no **CRETIB**, es decir no es Corrosiva, Reactiva, Tóxica, Inflamable o Biológica infecciosa.

Actualmente esta basura genera diferentes impactos ambientales negativos, como son lixiviados que contaminan al acuífero local, fauna nociva, deterioro del paisaje, baja en la plusvalía de los predios inmediatos, humos por los incendios eventuales, entre otros, casi todos estos problemas se reflejan en las zonas habitacionales ubicadas en las inmediaciones como lo es Royal Country y Puerta de Hierro. Este basurero, además de generar problemas a la salud de la población que vive en las inmediaciones, a impedido el desarrollo inmobiliario del lugar.

Considerando que las modificaciones a la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, señala que los particulares pueden realizar actividades de saneamiento y deben de ser reconocidos por las autoridades competentes, en este caso el Ayuntamiento, Se planteo una metodología de saneamiento tanto a la Secretaria del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (SEMADES), en este caso representante del gobierno estatal, como al área ambiental del Municipio de Zapopan.

Básicamente la Metodología consiste de los siguientes pasos:

- I.- Delimitación del área con Basura.
- II.- Cuantificación de su volumen.
- III.- Caracterización de la basura mediante análisis CRETIB.
- IV.- Análisis del posible reciclamiento de la basura.
- V.- Identificación y evaluación de impactos y riesgos ambientales.
- VI.- Implementación de medidas de mitigación.
- VII.- Elaboración y aplicación de programa epidemiológico y salud laboral.
- VIII.- Definición de maquinaria a usar para remover la basura.
- IX.- Seleccionar maquinaria para reducir el volumen de basura a transportar.
- X.- Obtención de permisos de las autoridades correspondientes.
- XI.- Definir el sitio donde se depositaran los elementos inútiles de la basura.
- XII.- Retirar la basura de su confinamiento, separarla o triturarla.
- XIII.- Sanear los productos obtenidos, útiles e inútiles.
- XIV.- Almacenar el material útil.
- XV.- Comercializar los elementos reciclables recuperados.
- XVI.- Transportar los elementos no útiles a rellenos sanitarios.
- XVII.- Realización de estudios de suelo, agua y gases para certificar el saneamiento del predio.
- XVIII.- Modelar la depresión generada al momento de extraer la basura.
- XIX.- Elaboración de reporte final.

Se presentan avances del trabajo de saneamiento.

GGA-18 CARTEL

CONSECUENCIAS DEL TERREMOTO DE 1932 EN CUYUTLÁN, COLIMA. UTILIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE SISMICIDAD HISTÓRICA PARA LA PREVENCIÓN DE DAÑOS OCASIONADOS POR TSUNAMIS

Mauricio Bretón G., Carlos Navarro y Tonatiuh Domínguez
Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima

Precedido por la actividad sísmica de los días 3 y 18 de junio de 1932, que causó severos daños a la ciudad de Colima, el 22 de junio de 1932, a las 6:59:28 (hora local) ocurrió un sismo de Ms= 6.9 (SSN) que fue sentido levemente por los habitantes de la zona costera del Estado. Poco tiempo después de ocurrido el sismo el mar

se retiró de la zona de costa y en el lapso de 3 a 5 minutos el mar volvió con una ola de entre 20 y 25 metros de altura que afectó principalmente a la población de Cuyutlán (Salazar, 1989), sitio turístico situado frente al mar e importante centro productor de sal del Estado. El tsunami destruyó muchas casas y sepultó varias personas entre la arena y los escombros, llegando la marejada hasta la vía del ferrocarril, situada a 650 metros del mar, haciendo destrozos en la mayor parte de las construcciones que eran casas de tejamanil, zacate y enramadas de palapa. Los hoteles que había en el lugar y que estaban contruidos en madera sufrieron severos daños, siendo arrasados algunos de ellos. El número de ahogados ascendió a más de 30, varios heridos, muchos desaparecidos, además de la pérdida de cabezas de ganado, animales domésticos e inundación de las salinas. El tsunami afectó varios sitios de la costa entre los que se encuentran: Cuyutlán, el estero Palo Verde, Playa Paraíso, Boca de Pascuales, El Real y El Tecuanillo, sitios antiguamente poco poblados pero que hoy en día son zonas turísticas importantes.

Sin embargo, este no ha sido un hecho aislado en la historia de la costa colimense ya que el 13 de noviembre de 1816, y precedido por 8 días de actividad sísmica, ocurrió un sismo que minutos después levantó una ola de aproximadamente 25 metros que invadió la zona costera del Valle de Tecmán e inutilizó por más de 9 años las salinas de “El Real de San Pantaleón” (Oseguera, 1989), lugar ya desaparecido y situado muy cerca de El Real, lugar turístico localizado a 10 kilómetros de la ciudad de Tecmán, Colima.

Se presentan los resultados de los estudios de sismicidad histórica realizados en esta zona en los cuales se ha encontrado la ocurrencia de por lo menos dos tsunamis Magnitud 4 (Iida *et al.*, 1967) en los últimos 200 años.

La reciente actividad sísmica cercana a la zona de rompimiento de 1932, que dio inicio en abril de 2001 y se mantiene hasta la fecha (agosto de 2001) así como el crecimiento turístico de la zona de estudio durante los últimos 20 años en la que los índices de visitantes ascienden a varios miles durante los fines de semana, hace evidente la necesidad de implementar medidas preventivas ante la ocurrencia de este tipo de fenómenos.

GGA-19 CARTEL

DEGRADACION DEL MEDIO NATURAL EN LA CIUDAD DE QUERETARO, MEXICO: VULNERABILIDAD Y PELIGROS ASOCIADOS

Mitre-Salazar, Luis Miguel y Martínez-Reyes, Juventino
Instituto de Geología, UNICIT, UNAM

Un hecho por demás evidente en nuestros días, es que cualquier actividad humana siempre tiene un efecto sobre el medio físico, de igual manera se puede establecer que este tipo de impactos han crecido exponencialmente durante el siglo pasado.

Las modificaciones realizadas, en algunos casos han sido alarmantes debido a la considerable alteración de los ecosistemas, reduciendo recursos naturales esenciales o la productividad de los suelos y en términos generales alterando el conjunto de las actividades humanas, convirtiéndose en muchos casos en situaciones críticas.

Un estado crítico que surge de este tipo de situaciones implica conjuntamente una degradación del medio natural y de las actividades socioeconómicas relacionadas, y en este mismo sentido una región se considera crítica, cuando ha alcanzado el estado de degradación interactiva.

Existe degradación del medio cuando algunas de las funciones naturales se ve alterada de manera que no se lleven a cabo plenamente siguiendo los patrones de los ecosistemas, es decir que algo está impidiendo su desarrollo natural y como consecuencia de ello los objetivos de estos procesos naturales no podrán ser alcanzados, limitando como consecuencia directa el correcto funcionamiento de todos los actores del entorno natural y produciendo restricciones para el equilibrio ecológico.

Si bien es cierto que existen en ocasiones factores naturales que pudieran ser clasificados como agentes degradantes, en el ciclo natural estos son propios de la dinámica natural, no así el conjunto de las actividades antrópicas que en muchas ocasiones con totalmente contrarias al buen funcionamiento de los ecosistemas, propiciando su degradación a diferentes escalas y niveles.

Algunos de los dominios donde esto sucede con mayor frecuencia y donde los impactos son sumamente considerables suceden sin lugar a dudas en las áreas urbanas y agroindustriales.

La Ciudad de Santiago de Queretaro inserta en la provincia geológica de la Faja Volcánica Transmexicana, es una muestra de la problemática antes mencionada, en donde en los últimos año ha presentado un rápido y notable crecimiento de la mancha urbana en detrimento del medio natural, con manifestaciones por demás evidentes de un desequilibrio ecológico en la región.

Dentro de los efectos que mayor preocupación ha despertado en las autoridades ha sido el problema de la sobre-explotación de los mantos acuíferos, que adicionalmente a la problemática del abastecimiento del vital líquido a tenido repercusiones importantes en manifestaciones de subsidencia, afectando de manera general muchas viviendas, industrias la infraestructura vial, las redes de abastecimiento de agua y de drenaje.

De manera similar a lo ocurrido en otras ciudades dentro de esta provincia geológica (Celaya, Silao, Salamanca, Abasolo, en el Estado de Guanajuato; Morelia en Michoacán; el Distrito Federal), las manifestaciones de la subsidencia han producido un impacto negativo considerable, tanto por la afectación directa de las obras urbanas como por la naturaleza del fenómeno mismo que en muchos casos se ha venido incrementando y con afectaciones importantes como las mencionadas anteriormente.

La subsidencia presente en estas ciudades se debe por una parte, a la presencia de sedimentos arcillosos en el relleno de los valles susceptibles de sufrir una rápida compactación luego de la extracción del agua y al desconocimiento detallado de la naturaleza geológica del relleno sedimentario. Los trabajos de explotación del agua por lo general se han venido realizando sin contar con estudios previos que pudieran indicar tanto las zonas con mayor potencial para la presencia del recurso, como la determinación de aquellas zonas que pudieran presentar un cierto grado de vulnerabilidad y peligro a la ocurrencia del fenómeno de la subsidencia.

De esta forma, los acuíferos que se explotaban a pocos metros de profundidad prácticamente ya no existen y se ha tenido que perforar hasta varios cientos de metros, incrementando con ello los costos de manera considerable.

Un problema asociado con el uso del agua, y que se puede considerar como un factor de riesgo potencial para la contaminación tanto del suelo como de los propósitos acuíferos, es el del mal manejo de los desechos (orgánicos e inorgánicos) los cuales en ocasiones se vierten directamente a la red de drenaje natural.

El crecimiento urbano aunque enmarcado en el plan de desarrollo urbano, carece en realidad de una fundamentación de las condiciones naturales en general, y geológicas en particular que privan en esta región, incorporando con ello un elemento adicional a los parámetros de la vulnerabilidad natural propia de las condiciones de la zona.

Existen varios ejemplos en fraccionamientos tanto antiguos como de reciente creación donde han surgido algunos problemas relacionados con la inestabilidad de taludes, agrietamiento de suelos, hundimientos, problemas que manifiestan un total desconocimiento de los procesos naturales y de las respuestas del medio natural al conjunto de actividades antrópicas.

En este trabajo se presenta una evaluación de la vulnerabilidad y el peligro potencial que tienen la zona urbana por la ocurrencia de procesos de deslizamientos, subsidencia, inundación, para derivar a una propuesta preliminar de la zonificación del riesgo geológico y antrópico.

El análisis que aquí se presenta se apoya en la cartografía geológica realizada por los autores recientemente a una escala 1:50,000.

GGA-20 CARTEL

EL TSUNAMI DE 1932 EN CUYUTLÁN, COLIMA: RELACIÓN ENTRE RÉPLICA SÍSMICA- DESLIZAMIENTO DE MASA SUBMARINO T TSUNAMI

Carlos Navarro Ochoa, Mauricio Bretón G. y Tonatiuh
Dominguez R.
Universidad de Colima

El 22 de Junio de 1932 a las 06:59:28 (tiempo local) se registró un sismo de M 6.9 a 33 km de profundidad con coordenadas 18.740 N y -104.680 W (SSN), frente a las costas de Colima. Pocos minutos después, un tsunami golpeó con una ola de aproximadamente 20 m de altura la población costera de Cuyutlán.

Cumming (1933) concluye por la inclinación orientada de árboles y postes, que el centro de propagación del maremoto debió originarse a unos 10 km al SSW de Boca de Pascuales (desembocadura del Río Armería en el Océano Pacífico). La marcada direccionalidad y características del tsunami hacen pensar que el sismo disparó un landslide submarino posiblemente dentro de un cañón submarino ubicado frente a Boca de Pascuales, el cual a su vez disparó el tsunami que pudo viajar a velocidades entre 33 a 10 m/s conforme se aproximaba a la costa.

El tsunami afectó directamente un frente de playa de 22 km de largo (desde Cuyutlán por el W hasta Tecuanillo por el E). La distancia de inundación (run-in) fue de aproximadamente 650 m. El cañón submarino marca el extremo oriental del graben de Manzanillo (Bourgois et al., 1988) y a 7 km de la costa muestra una isobata de 360 m. El epicentro sísmico se ubica cerca del extremo occidental de este graben.

Posiblemente en este sector de la costa (22 km) la ola del tsunami se refractó, enfocó e intensificó a causa de la topografía submarina (presencia de cañón submarino e islote) frente a la playa.

Un evento parecido ocurrió 116 años antes (1816), después de una serie de temblores una ola de 24 m de altura golpeó el mismo sector con un run-in de 450 m, destruyendo las salinas del Real de San Pantaleón, actualmente El Real, playa turística a solo 3.4 km al Este de Pascuales.

El azolve anual del Río Armería es de alrededor de 2.1 millones de metros cúbicos. En 116 años pudieron sedimentarse en forma inestable (delta de frente abrupto) aprox. 0.25 km cúbico en los primeros kilómetros del cañón submarino, material suficiente para generar un landslide submarino.

Actualmente la Red sísmica de Colima y el Servicio Sismológico Nacional han registrado desde finales de Abril a Agosto de 2001 129 eventos someros (de 5 a 33 km) y magnitudes de 2 a 6.2 en dos áreas frente a la costa de Colima, la más cercana a solo 7-10 km de Cuyutlán y la otra en el área de réplicas de 1932, donde ocurrió el evento que desencadenó el tsunami el 22 de Junio.

La ausencia de un mecanismo de alertamiento contra tsunamis y la premura con que estos pueden alcanzar la playa por la cercanía a la fuente, hacen altamente vulnerable este sector de la costa de Colima donde viven y vacacionan varios miles de personas.

GGA-21 CARTEL

GEOQUÍMICA PRELIMINAR DEL AGUA INTERSTICIAL DEL LAGO DE CHAPALA, JALISCO, MÉXICO

Nely Ríos-Donato y Pedro F. Zárate-Del Valle
Depto. de Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e
Ingenierías, Universidad de Guadalajara
Apdo. Postal 4-021, Guadalajara, Jal., 44410, México

Se llama agua intersticial en un cuerpo de agua a la fase móvil (agua) que está en contacto permanente con partículas sólidas (sedimentos). La interfase sedimento-agua es la zona del fondo del lago en donde termina la fase líquida y se inicia la fase sólida. En la práctica, está limitada a unos 5 centímetros arriba del fondo y a 5 centímetros abajo y en buena medida está constituida parcialmente por la porción lodosa del fondo. Ha sido en esta porción del Lago en donde se analizó el agua intersticial (Ríos-Donato, 2001; Zárate-Del Valle *et al.*, 2000c y d). Para ello fue necesario el diseñar el muestreador de agua intersticial que permitiera obtener muestras inalteradas químicamente o sea SIN alterar las características físico-químicas originales del agua muestreada, así como la prensa para extraer a ésta en una atmósfera inerte (Ríos-Donato, 2001). El muestreo consistió en coleccionar 13 muestras en diferentes puntos del lago y a diferentes profundidades: 0.5m, 1m, 2m y 3m.

Se sabe que el Lago de Chapala es un lago tropical en proceso de eutrofización y de contaminación, lo que se significa que en la calidad de su agua hay excesos de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y de contaminantes (gases, elementos-traza, iones). La actividad química de un gas en el agua está controlada por procesos de disolución y disociación; la actividad química de los elementos-traza está controlada por la complejación, la ingesta biológica y la adsorción sobre partículas suspendidas susceptibles de sedimentarse. Se sabe que la estancia en el agua tanto de los

nutrientes como de los contaminantes es temporal ya que como respuesta a variaciones físico-químicas (temperatura, pH, etc.) se precipitan al fondo acumulándose en los sedimentos, en donde permanecen temporalmente en equilibrio químico con el agua intersticial.

Los parámetros determinados en el agua intersticial muestreada son (Ríos-Donato, 2001): Temperatura, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), conductividad, pH, dureza (como CaCO_3), sólidos totales (st), st fijos, st volátiles; sólidos suspendidos (ss) totales, ss fijos, ss volátiles; sólidos disueltos (sd) totales, sd fijos y sd volátiles; metales (Fe, Zn, Mn, Cd, Cu, Pb y Cr); flúor, fosfatos, sílice, sulfatos, nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal.

Por no existir a la fecha una norma (nacional o internacional) que regule el contenido máximo de contaminantes en las aguas intersticiales de un cuerpo de agua, se recurrió a considerar como tal a la NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Podemos concluir que el agua intersticial del Lago de Chapala no cumple con la NOM-001-ECOL-1996, lo que significa que el fondo somero del lago de Chapala es una fuente potencial de contaminantes, los cuales al variar ciertos parámetros físico-químicos (temperatura, pH, etc.) son susceptibles de ser liberados y de incorporarse al cuerpo de agua incrementando su contaminación y eutroficación. Debido a que los valores obtenidos no son constantes para todo el lago, es necesario efectuar un muestreo sistemático de agua intersticial para así delimitar tridimensionalmente las zonas más contaminadas: Con lo anterior será posible el sustraer y eliminar del fondo del Lago los sectores más contaminados. Algo similar se realizó, en su momento, en el Lago Erie (400km x 80 km; frontera Canadá-U.S.A) después de haber sido declarado “muerto” en la década de los 70’s por la severa contaminación que mostraba.

GGA-22 CARTEL

INFLUENCIA DE FACTORES GEOLÓGICOS EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA EN UN SEGMENTO DEL BAJO RIO CONCHOS, CHIHUAHUA

Melida Gutierrez

Department of Geosciences, Southwest Missouri State University,
Springfield, Missouri, USA

Una estimación preliminar de la aportación de medios geológicos a la composición química del agua para un tramo del bajo río Conchos, localizado entre la confluencia del río Chuvíscar y la presa Luis L. León se presenta como resultado de este estudio. El río Conchos recibe descargas con desechos agrícolas y urbanos aguas arriba (del área de estudio), continuando libre de descargas por cerca de 50 km. Durante este recorrido, procesos naturales de autolimpieza se encargan de reducir estos contaminantes a sus valores normales. Sin embargo, en el caso de salinidad (expresada por medio de una o más de los parámetros: conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, o concentraciones de calcio y sodio) las concentraciones no disminuyen, sino que al contrario, continúan aumentando. A primera vista, uno puede pensar que la alta salinidad va a afectar a la biota acuática y ribereña aguas abajo, pero un análisis más cuidadoso muestra que las aguas que llegan a este

tramo del río Conchos (arroyo Las Víbora, Arroyo Grande y algunos manantiales) contienen una alta concentración de sales ya que los suelos y formaciones rocosas de esta parte de la cuenca del Conchos tienen de por sí una alta salinidad. Por medio de este estudio, se compara la salinidad de los diferentes aportes de agua al río Conchos a lo largo del segmento bajo estudio y se hacen inferencias en cuanto al balance químico de los componentes causantes de la salinidad, así como otros factores que toman parte en este proceso, como son la cubierta vegetativa, tipo de suelos y niveles de erosión.

Reunión Anual 2001

Sesión

Geomorfología

Lunes 5

SALA D

APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA DIGITAL AL ESTUDIO DE LOS GLACIARES: UNA METODOLOGÍA ÚTIL PARA LA MEDICIÓN DE PROCESOS MORFODINÁMICOS

Julio Miranda P. y H. Delgado Granados
Instituto de Geofísica, UNAM
Circuito Exterior, C.U., Coyoacán, 04510, México, D.F.

Existen numerosos procesos morfodinámicos con cambios en el término de horas o días, cuya medición requiere de metodologías precisas, rápidas y confiables. Entre estos procesos se encuentran los crecimientos de domos de lava en volcanes o el movimiento y cambios glaciales. En algunos de estos casos, su evaluación es difícil dada la peligrosidad de los fenómenos, por lo que es necesario recurrir a métodos remotos. La evaluación de estos procesos debe llevarse a cabo de manera rápida y precisa dada su aplicabilidad, pues algunos de ellos contribuyen a la toma de decisiones para la protección civil.

La fotogrametría es una técnica que ayuda a obtener información cuantitativa y cualitativa a partir del procesamiento de fotografías aéreas, permite eliminar desplazamientos y distorsiones generadas durante el proceso de toma de fotografías. En la actualidad, mediante software especializado, la fotogrametría puede realizarse en computadoras personales para la generación de ortofotos y modelos digitales de elevación (MDE). De esta manera, las herramientas son menos voluminosas, más económicas y rápidas, sin perder precisión.

El monitoreo de glaciares se puede llevar a cabo aplicando la fotogrametría digital usando paquetería como OrthoEngine® (PCI Geomatics) basada en el procesamiento de fotografías aéreas a partir de su transformación a formato digital. Para ello, al utilizar las fotografías aéreas, se requiere ausencia de nubes meteorológicas o eruptivas, que los glaciares no estén cubiertos por nieve estacional, escala adecuada, entre otras. Particularmente fundamentales son los datos fiduciales de las fotografías (tipo de cámara, coordenadas fiduciales, distancia focal, fecha de calibración, etc.), que se encuentran en el reporte de calibración de la cámara y que es necesario solicitar al proveedor de aerofotografías.

También es importante considerar el tipo de material fotográfico (positivos o papel) y de ahí el tipo de escáner a emplear. Existen dos posibilidades: fotogramétrico o normal. Los escáneres fotogramétricos poseen una elevada resolución pero requieren del positivo de las fotografías, lo cual no siempre es posible. Escanear fotografías aéreas con un escáner normal introduce pequeñas deformaciones, despreciables dependiendo de la precisión deseada o el error aceptable.

Los puntos de control del terreno (PCT) son datos vitales para la exactitud en georeferenciación de las imágenes y precisión de los productos generados (ortofotos y MDE). La inadecuada localización de los PCT en las imágenes o errores en su colección en el campo producen errores residuales inaceptables.

La aplicación de esta metodología al inventario glacial del volcán Popocatepetl hace posible la documentación de la extinción de sus glaciares.

ZONIFICACIÓN DE RIESGOS POR INUNDACIÓN, HUNDIMIENTOS Y VERTIENTES INESTABLES EN LOS MUNICIPIOS DE GUADALAJARA, TONALA Y TLAQUEPAQUE, JALISCO

Carlos Suárez Plascencia¹, Francisco J. Nuñez Cornú², José Luis García Puga² y Gustavo Saavedra de la Cruz¹
¹ Depto. de Geografía y Ordenación Territorial, CUCSH, Universidad de Guadalajara

La Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) ha presentado una constante urbanización desde el año de 1990. En este proceso se ha significado que los municipios de Guadalajara, Tonalá y Tlaquepaque presenten diferente crecimiento en su superficie en el periodo 1990-2000, el cual se muestran en el siguiente cuadro:

Municipio	Superficie urbanizada hasta 1990	Superficie urbanizada 1990-1995	Superficie urbanizada 1995-2000	T. de C. de 10 años
Guadalajara	114.32 km ²	20.26 km ²	3.93 km ²	21.15%
Tlaquepaque	20.8 km ²	19.86 km ²	6.29 km ²	125.72%
Tonalá	3.8 km ²	14.72 km ²	12.58 km ²	720.31%

Como se observa los municipios de Tlaquepaque y Tonalá presentan una alta de urbanización de su territorio, en tanto que el municipio de Guadalajara su crecimiento ha sido mínimo, dado que su territorio ha sido casi totalmente urbanizado en décadas anteriores. Esta agresiva urbanización de los municipios de Tonalá y Tlaquepaque ha traído como consecuencia una importante alteración de su morfología, la hidrografía y la cubierta vegetal, lo que se ha traducido en un incremento de inundaciones, hundimientos, caída de rocas y remoción de materiales en vertientes inestables.

La geología superficial de la ZMG se forma por una secuencia pumítica de espesor variable (120 m al poniente y desaparece al poniente en el municipio de Tonalá) derivada de la actividad efusiva de la Sierra de la Primavera, cuya actividad más reciente fue fechada por Mahood (1980) en 12,000 años. Esta secuencia se encuentra interdigitada con materiales fluvio-lacustres que se aprecian en formas de lentes y que se aprecian en las 38 secciones de mecánica de suelos efectuadas en diferentes áreas de la ZMG. Está secuencia sobreyace a rocas de composición basáltico-andesítica plio-cuaternaria; La litología descrita genera una superficie impermeable que genera una serie de flujos de agua subterránea con dirección SW-NE, que junto con los estratos pumíticos se forman procesos de sofucción que forman huecos en el subsuelo. La existencia de una red de drenaje antigua y de poco diámetro en la ZMG aunado a la reducción de coeficiente de escurrimiento por efecto de la pavimentación de la ciudad, ello ha incrementado los problemas de inundaciones y de hundimientos. Ya que al tener una mayor captación de agua pluvial y al tratar de ser desalojada por la red de drenaje, este rápidamente es llenado, ocasionado que la superficie se inunde y algunas sección de la red se rompan y creen fugas que al poco tiempo forman huecos en el subsuelo y posteriormente hundimientos que se agravan en el temporal de lluvias (junio-octubre).

Finalmente, el crecimiento urbano hacia los bordes australes de la depresión tectónico-erosiva llamada "Barranca de Oblatos" y los cerros del Tesoro, Santa María, Cerro del Cuatro y La Reina, ha

generado alteración de su morfología y desaparición de la cubierta vegetal, lo que genera durante el temporal de lluvias, importantes arrastres de arenas y rocas, que afectan a las áreas bajas y la infraestructura.

GEOM-03

ESTRUCTURAS NEOTECTÓNICAS DEL RELIEVE OROGÉNICO DEL SURESTE DE MÉXICO

Alfredo Cervantes Sánchez

Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias,
Universidad Autónoma de Tamaulipas

Una serie de grandes estructuras neotectónicas, características de paisajes montañosos, se distingue en el relieve del sureste de México. Dichas estructuras se manifiestan en forma de levantamientos y hundimientos relativos. Con respecto a la zona de debilidad transcontinental Tehuantepec se agrupan en dos regiones: occidental y oriental, bordeadas por las planicies costeras del Golfo de México y del Océano Pacífico, además de las estructuras de transición plataforma y cuenca del Golfo de México y plataforma, talud y fosa del Pacífico. La región occidental está constituida por la Sierra de Juárez, el Levantamiento Mixteco y la Sierra Madre del Sur, y por las cuencas del Balsas, Tehuacán y Oaxaca. La región oriental la forman tres estructuras orogénicas principales; el Macizo de Chiapas, la Cuenca Angostura y la Sierra de Chiapas. La amplitud de los movimientos verticales para los levantamientos es mayor de los 3000 m y para las cuencas de 1000 a 2000 m. Las estructuras se desarrollaron sobre complejos litoestructurales precenozoicos de diferente edad, composición y génesis. Heredaron de dichos complejos la orientación NW-SE. Su estructura externa es en bloque y arco bloque, y está determinada por movimientos diferenciales a través de fallas. Se definen siete sistemas de fallas: NW10-30°SE, NW50-60°SE, NE10-20°SW, NE45-50°SW, latitudinal, sublatitudinal y meridional. Estos sistemas controlan la orientación, configuración, zonificación e hipsometría de las estructuras neotectónicas.

GEOM-04

LATE QUATERNARY CLIMATE CHANGE AND TECTONIC CONTROLS ON ALLUVIAL FAN ARCHITECTURE OF THE PLAYA EL FRESNAL REGION, NORTH CHIHUAHUA DESERT, MEXICO

Ortega-Ramírez, J.¹, Maillol, J.M.², Bandy, W.¹, Valiente-Banuet, A.³, Urrutia-Fucugauchi, J.¹, and Martínez-Estrella, F.J.⁴

¹ Instituto de Geofísica, UNAM, México, D.F.

² Department of Geology and Geophysics, University of Calgary, Calgary, Canada

³ Instituto de Ecología, UNAM, México, D.F.

⁴ ESIA, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.

The Playa El Fresnal area 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, and flanking by piedmonts classified as alluvial fans. Extensional tectonism produced structural heterogeneities within normal faults zones and influences the geomorphic expression of the uplifted footwall blocks and associated volcanism, and the down-dropped hanging wall. The footwall area is the main sediment source although, due to asymmetrical nature of the basin, the hanging wall-derived sediment

is spatially more extensive. Numerous short, steep drainage catchments in the footwall mountains constructed a bajada of small alluvial fans while a very much longer, larger and more gently sloping catchments are common in the hanging wall area. Alluvial fans react to tilting by becoming segmented, thus in the former, the ancient alluvial fan are in the distal part, whereas in the latter, these surfaces are located in the apex.

The effects of surface tilting give rise also to marked basin-wide variation. The northern and southeastern areas show evidence for basinward progradation of foot-wall sourced uncoalesced alluvial fan deposits whereas the eastern and southwestern hanging-wall sourced fan are commonly coalesced and extended radially. Moreover in the distal sector coppice dunes show that this downlifted block has been for a long time inactive. Fan growth was coincident with a proposed late Quaternary climatic shift that may have increased the sediment flux out of the transverse catchment. Three alluvial fan located on the footwall slopes were formed during this time and are consistent with the main climatic changes registered in the paleolake stratigraphy of the northern Mexico and the American Southwest. These alluvial fans consist mainly of debris flow deposits formed by flash floods probably triggered by a change from relatively moist to arid conditions. These water-laid facies contrast with the typically lower-flow-regime thick-bedded, cross-bedded and lenticular channel facies, and associated floodplain sequences of rivers.

GEOM-05

TERRAZAS GEOLÓGICAS ADAPTADAS COMO TERRAZAS ARQUEOLÓGICAS

Oscar Hugo Jiménez

Dirección de Estudios Arqueológicos, INAH

A partir de un estudio geomorfológico, actualmente en curso, sobre una secuencia volcánica compuesta principalmente de intercalaciones de flujos piroclásticos y algunas lavas, que fueron emplazados durante el Plioceno en las inmediaciones septentrionales de Villa del Carbón, Estado de México, ha sido posible caracterizar un conjunto de terrazas de origen geológico. Estas terrazas erosivas son el resultado de procesos fluviales que han actuado sobre la serie volcánica, la cual tiene una posición semi-horizontal y se encuentra afectada por varios sistemas de fracturamiento a nivel local y regional. El resultado morfológico consiste en elevaciones largas y estrechas con laderas pronunciadas que dan lugar a un relieve en forma de mesetas alargadas de origen denudatorio con dimensiones entre 500 metros y un kilómetro de ancho, entre cinco y ocho kilómetros de largo, y alturas variables entre 200 y 300 metros, aproximadamente. Dichas mesetas, denominadas "lengüetas", conforman un relieve topográfico en gradas y son esculpidas por un sistema de ríos y arroyos que muestran un patrón general de drenaje de tipo subparalelo a dendrítico. La orientación general de las "lengüetas" es en la dirección NNE, orientación que siguen las corrientes de agua principales al igual que los emplazamientos de los flujos volcánicos. Varias porciones de las terrazas geológicas fueron aprovechadas como terrazas de cultivo y zonas de habitación por los antiguos habitantes prehispánicos. El aprovechamiento del relieve superficial consistió en adoptar, primero, la topografía natural de gradas y escalones, particularmente en sectores de los bordes y cimas de las "lengüetas" y, luego, en modificar o adaptar sus dimensiones acondicionando formas y utilizando materiales provenientes de la erosión y de suelos derivados de la alteración local. Las nuevas

terrazas de acumulación artificial, con dimensiones variables de decenas de metros, fueron en su mayoría bordeadas por muros de retención de uno a tres metros de altura, en promedio. Las terrazas arqueológicas son un ejemplo claro del manejo y aprovechamiento del relieve natural del terreno por parte de los antiguos pobladores prehispánicos.

GEOM-06

NATURALEZA DEL POTENCIAL ENERGÉTICO EN CAÍDA DE ROCAS

Yahir G. García López y Carlos Mortera Gutierrez
Instituto de Geofísica, UNAM

La repentina caída de rocas es uno de los tipos de procesos de ladera de gran interés por su poco entendimiento en la dinámica energética, su repentina cinemática de desprendimiento y su etapa evolutiva. Típicamente estos procesos ocurren por efecto de la gravedad y sin requerir un medio de transporte como el agua, el aire o el hielo. Actualmente, el acelerado desarrollo de modelos -para inferir sus consecuencias a zonas de alto riesgo- y nuevos métodos de análisis computacionales de estos procesos, se han limitado al cálculo de las trayectorias durante su caída. Generalmente el desprendimiento de material rocoso ocurre en pendientes de fuerte inclinación a manera de caída libre. Posterior al evento de desprendimiento, los materiales pueden realizar diversos procesos cinemáticos en función del tipo de material rocoso y de las pendientes del terreno por donde se canalizan las trayectorias de caída. Teóricamente la ocurrencia de estos movimientos implica la transformación de energía en función de la dinámica y magnitud del proceso. Sin embargo, los mecanismos para cuantificar la Energía Total involucrada en dichos procesos aun no han sido desarrollados claramente. Hoy en día, la falta de datos obtenidos con base a mediciones realizadas en campo es una de las limitantes en el estudio de estos procesos en México. En este trabajo, la caída de rocas es analizada teóricamente antes y durante el desprendimiento. El análisis genético de la dinámica de la caída de rocas es desarrollado de manera más extensa. Finalmente, proponemos el factor W_o (Trabajo) durante el proceso y es modelado para la teórica predicción de dichos procesos.

Reunión Anual 2001

Sesión

Geoquímica y Petrología

Jueves 8

SALA B

GEOQP-01

EL LABORATORIO UNIVERSITARIO DE PETROLOGÍA

Delgado Granados H.¹, M. Reyes Salas² y C. Linares López¹

¹ Instituto de Geofísica UNAM

² Instituto de Geología, UNAM

El Laboratorio Universitario de Petrología (LUP) es el eje de desarrollo de la petrología y mineralogía básicas y aplicadas en la UNAM. Nace de la necesidad de rescatar y desarrollar estas áreas del conocimiento para reconocer, entender y estudiar los orígenes, evolución, asociaciones 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.

El LUP cuenta con equipo e instrumental necesario para la preparación de rocas y minerales, microscopios ópticos (polarización y estereoscópico, adaptados para la 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-8900R con espectrómetros WDS y EDS, con cuatro tipos de cristales TAP (5.69 ~ 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 del B al U. Posee la platina más grande que se produce (para introducir muestras hasta de 100 mm X 100 mm X 50 mm) permitiendo un área de análisis de 90 mm X 90 mm. El LUP cuenta con los estándares básicos para estudios petrológicos. El EPMA cuenta con una red de cómputo que permite interrogación para fines de mantenimiento vía internet, pero que la protege de los ataques de "Hackers" y permite enviar los datos a los usuarios vía internet. Adicionalmente, el LUP cuenta con cámaras fotográficas ópticas, digitales, equipo de cómputo y paquetería para captura y procesamiento de imágenes microscópicas.

El LUP tiene líneas de investigación propias, agrupables en dos: el magmatismo de la Faja Volcánica Trans-Mexicana y las meteoritas (incluidas las rocas asociadas a los impactos meteoríticos). Ejemplo de los trabajos actuales son el estudio de los productos eruptivos del volcán Popocatepetl y meteoritas diversas (Allende, La Cosina, Toluca, entre otras). Adicionalmente a sus líneas de investigación, el LUP está en capacidad de apoyar proyectos de investigación de quienes deseen hacer uso de sus instalaciones.

Mayor información en la página: <http://www.igeofcu.unam.mx/lup>.

GEOQP-02

THE PHASE TRANSFORMATIONS IN SYSTEM SILICA-METAL OXIDES-CARBON

M. Vlasova, M. Basurto-Pensado and M. Tecpoyotl-Torres.
Autonomous University of Morelos, UAEM, Center for Research on Engineering and Applied Sciences, CIICAp

Silicon is the most widespread element of the earth's crust. The silica (SiO₂) enters into the structure of a complex silicates formed at a volcanic processes. In the given work, we present a research, by

the methods of the X-ray analysis, EPR and IR-spectroscopy, modelling the phase formation in the systems SiO₂-C, SiO₂-Cr₂O₃-C, SiO₂-Al₂O₃-Fe₂O₃-C- etc. in the temperature range from 1000 up to 20000C and pressure from 5up to 10 GPa.

The results obtained and the techniques developed in a complex analysis of the processes of phase formation within the framework of technological sections allows us to carry out the reconstruction of the temperature conditions of the formation of the complex silicate materials.

At the contact of silicate melts with a products of a organic origin the such refractory compounds as carbides, carbo-silicides and silicides are formed in the volume of silicate mass. The given phases also can serve as a probe of the temperature - time conditions of passing and cooling of lava flows.

GEOQP-03

FUSIÓN PARCIAL DEL MANTO Y CRISTALIZACIÓN FRACCIONADA EN LA GÉNESIS DE HAWAITAS, BASANITAS Y BASALTOS ALCALINOS DEL PLIOCENO EN COAHUILA CENTRAL

Gabriel Valdez Moreno¹ y José Jorge Aranda Gómez²

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

² Instituto de Geología, UNICIT, UNAM

Los Campos Volcánicos de Las Esperanzas (CVLES) y Ocampo (CVO) están formados por hawaitas, basanitas y basaltos alcalinos del Plioceno (⁴⁰Ar/³⁹Ar = 2.78-3.41 Ma) emitidos por escudos de lava, conos de escoria y fisuras. En ocasiones las lavas alcanzaron distancias hasta de 10 km de su fuente. Los CVLES y CVO están localizados en el borde oriental de la Provincia Extensional de Cuencas y Sierras (PECS) y al sureste del Rift del Río Grande. Ambos presentan características similares, en cuanto a petrografía, composición química y edad, a otras localidades con lavas intraplaca de la PECS ubicadas en Chihuahua, Durango y San Luis Potosí. La asociación mineral característica de las rocas de Coahuila es olivino + augita + plagioclasa ± espinela ± opacos ± apatito y sólo en Ocampo se presenta vidrio en la matriz. Esporádicamente se encuentran cristales accidentales de cuarzo con bordes de reacción de piroxeno. Las composiciones químicas de xenocristales de olivino (Fo₉₀₋₈₄) y la presencia de lamelas de deformación en ellos sugiere que estos xenocristales provienen de lherzolitas del manto. Los rasgos más sobresalientes de los diagramas multielementos son el enriquecimiento de los elementos incompatibles y un pico positivo de Nb, característicos de magmas intraplaca. Los patrones de tierras raras muestran un enriquecimiento de las tierras raras ligeras respecto a las pesadas que sugiere la presencia de granate residual en la fuente. Las relaciones isotópicas de ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_i = 0.703338-0.703588; εNd = 4.99-6.14, ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 18.44-1866, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb = 15.54-15.58 y ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb = 38.07-38.37 indican una influencia marcada del manto, poca interacción con la corteza continental y que no existe una mezcla significativa de diferentes componentes. Una forma cualitativa de identificar el proceso petrológico dominante en las distintas suites es el uso de diagramas que emplean cocientes de elementos incompatibles como Nb/Zr y Sr/Zr, los que sugieren que el proceso dominante en las suites de Coahuila no es la cristalización fraccionada ya que no son constantes. El diagrama Log Cr vs. Log Ni propuesto por Minster y Allegre (Contrib. Mineral. Petrol.

68:37-52, 1978), muestran que el proceso dominante es fusión parcial para el CVLES y que en CVO la cristalización fraccionada ejerció una influencia mayor. Los diagramas de la forma C_i vs C_j de los mismos autores, en donde C_i es la concentración de un elemento fuertemente incompatible y C_j de uno moderadamente incompatible, se observa de manera más clara que la combinación de fusión parcial del manto en diferentes grados y cristalización fraccionada son mecanismos importantes en la evolución de las suites. Usando diagramas de Pearce (e.g. *Contrib. Mineral. Petrol.* 19:142-157, 1968), se encontró que la cristalización fraccionada de olivino, augita y plagioclasa en diferentes proporciones jugó un papel importante en la diferenciación de varios pulsos magmáticos independientes.

GEOQP-04

GEOLOGÍA Y GEOQUÍMICA DEL INTRUSIVO CERRO MARCELINOS, CINTURÓN CANDELA-MONCLOVA, PROVINCIA ALCALINA ORIENTAL MEXICANA

Tovar-Cortès, J.A.¹, Chávez-Cabello, G.^{1,2}, Morton-Bermea, O.³, Porras-Vazquez, M.A.¹, Cano-González, A.¹, Terrazas-Calderón, G.D.¹ y Valdez-Reyes, M.A.¹

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

Apdo. Postal #104, Linares, NL., 67700, México

² Unidad de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM

Apdo. Postal #1-742, Santiago de Querétaro, Qro., 76001, México

³ Instituto de Geofísica, UNAM, México

El Cinturón Candela Monclova (CCM) comprende 13 intrusivos orientados E-W con edades del Eoceno Superior al Oligoceno. El CCM pertenece a la Provincia Alcalina Oriental Mexicana (PAOM) que presenta una orientación NW-SE. En la PAOM se han realizado estudios geoquímicos para determinar la fuente de los magmas, concluyéndose que existen dos fuentes que operaron en diferentes tiempos, e inclusive coexisten geográficamente en localidades como la Sierra de San Carlos y de Tamaulipas. La fuente más antigua está asociada a la subducción en el Oeste de Norteamérica, durante el Paleógeno y la más reciente a extensión continental. Sin embargo, no existen estudios sistemáticos en la PAOM que separen las relaciones en el tiempo y espacio entre las dos actividades magmáticas, así como tampoco que definan las condiciones de esfuerzo de la corteza durante los emplazamientos. Los trabajos efectuados dentro del CCM incluyen petrografía y geoquímica para 5 de los 13 intrusivos que componen al CCM, determinando que presentan una fuerte firma de subducción. Los intrusivos analizados geoquímicamente corresponden a: Cerro Providencia, Imán, Mercado, Colorado y Marcelinos. Sin embargo, no existen trabajos de cartografía geológica detallados sobre los que se fundamenten los patrones geoquímicos observados. En el intrusivo Marcelinos se efectuó una cartografía geológica y análisis petrográficos detallados, definiéndose la estructura principal del intrusivo y la clasificación de sus rocas. El muestreo petrográfico fue acompañado de un muestreo geoquímico para análisis de roca total, cuyos resultados fueron comparados con los obtenidos en un estudio reciente. Las rocas varían desde cuarzo-sienitas hasta granodioritas que intrusonan a las Formaciones Aurora, Kiamichi, Grupo Washita y Eagle Ford del Cretácico medio al superior. El presente trabajo forma parte de un estudio regional que tiene como meta definir la evolución petrológica y estructural en la parte norte de la PAOM.

GEOQP-05

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS COMPLEJOS MILONÍTICOS LA SOLEDAD Y XUCAYUCAN, MACIZO DE TEZIUTLÁN, PUEBLA

Angeles-Moreno E.¹, Sánchez-Martínez S.¹, Centeno-García E.¹, Solé-Viñas J.¹, Solís-Pichardo G.¹, y Schaaf P.²

¹ Instituto de Geología, UNAM

Ciudad Universitaria, México D.F., 04510, México

² Instituto de Geofísica, UNAM

Ciudad Universitaria, México D.F., 04510, México

Los complejos miloníticos La Soledad y Xucayucan están localizados al NW de la Ciudad de Teziutlán, Puebla, en la zona de la Presa La Soledad, carretera Tlatlauquitepec-Mazatepec. El complejo milonítico. La Soledad está constituido por milonitas cuarzofeldespáticas, intercaladas tectónicamente con bandas de esquistos de cuarzo y biotita, y relictos de diques básicos. Toda la secuencia presenta un bandeamiento gneíscico y una deformación que varía de proto a ultramilonita. El protolito estaba formado probablemente por granitoides y/o gneisses cuarzofeldespáticos. El Complejo Xucayucan está formado hacia la base por rocas sedimentarias silíceas (lutitas y areniscas cuarzosas), intercaladas con volcanosedimentarias, y a la cima por rocas ígneas basáltico-andesíticas (lavas almohadilladas, diques y cuerpos intrusivos hipabisales), con algunas intercalaciones de sedimentos. Toda la secuencia está intensamente deformada, variando de protomilonitas a ultramilonitas. Los complejos están cubiertos discordantemente por rocas Mesozoicas y Cenozoicas, la unidad de cobertura más antigua es la Formación Huayacocotla del Jurásico Inferior. Ambos complejos están afectados por la misma deformación dúctil, la cual es más intensa hacia la base (Complejo La Soledad), y disminuye hacia la cima. En las rocas volcánicas del Complejo Xucayucan es posible distinguir relictos de las estructuras primarias originales. Los indicadores cinemáticos y la lineación por estiramiento mineral asociados a la deformación dúctil indican una falla de bajo ángulo con dirección de transporte del NE al SW. Esta primera fase está a su vez afectada por pliegues y algunas fallas inversas que también deforman al Mesozoico. Las rocas cuarzofeldespáticas de la base (Complejo La Soledad) presentan composiciones de elementos mayores y trazas similares a granitos sinorogénicos o de márgenes activas. Las edades modelo de Nd sugieren contaminación con corteza continental Precámbrica (TDM=971 Ma). Los esquistos pelíticos del complejo Xucayucan fueron derivados de rocas Precámbricas, ya que presentan edades modelo TDM=1,109 Ma. Los basaltos y andesitas presentan patrones de tierras raras planos, con ligera anomalía positiva de Eu, están enriquecidos en Mg y empobrecidos en Nb. Las concentraciones de Th, Ta y Yb, al igual que los otros elementos traza y los isótopos de Sm/Nd, sugieren una fuente de manto empobrecido con diferentes porcentajes de contaminación de corteza precámbrica. Los patrones de elementos traza normalizados a MORB son similares a los observados en arcos magmáticos actuales. Por la composición litológica de esta unidad y la geoquímica se infiere un ambiente de cuenca de tras arco submarina para las unidades de la parte superior del Complejo Xucayucan. En cambio, el Complejo La Soledad aparentemente se formó como intrusivos graníticos emplazados en un ambiente de subducción y/o sin-orogénico. Se desconoce la relación original entre ambos complejos, actualmente se llevan a cabo fechamientos Ar/Ar y U/Pb para determinar las edades de ambas unidades.

LOS VOLCANES POPOCATÉPETL, NEVADO DE TOLUCA Y PICO DE ORIZABA: DATOS ISOTÓPICOS DE SR, ND Y PB Y MODELOS GENÉTICOS

Peter Schaaf¹, Raymundo Martínez¹, Gabriela Solís², Maria del Sol Hernández², Juan Morales¹, Teodoro Hernández¹, Claus Siebe¹ y Gerardo Carrasco³

¹ LUGIS, Instituto de Geofísica, UNAM, 04510, México, D.F.

² LUGIS, Instituto de Geología, UNAM, 04510, México, D.F.

³ UNICIT, Campus Juriquilla, UNAM, 760012, Querétaro

En el Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (LUGIS) se han realizado en los últimos años investigaciones geoquímicas e isotópicas de secuencias estratigráficas de tres importantes estratovolcanes de la Faja Volcánica Transmexicana. En este trabajo se presentan los datos analíticos de 18 muestras de domos y de pómez de composición andesítica-dacítica del Nevado de Toluca con edades entre 3,300 y 150,000 a; de 12 muestras (pómez y flujos andesítico-dacíticos) y 4 xenolitos (granitoides, skarn, arenisca) del Popocatepetl con edades recientes (30 de junio de 1997) hasta 22,000 años; y de 10 muestras riolítico-andesíticas del Pico de Orizaba, con edades entre 4,000 y ca. 250,000 años.

Los objetivos de este estudio se enfocan por una parte a la obtención de perfiles isotópicos controlados por la estratigrafía y por otra parte a la aplicación de los datos geoquímicos e isotópicos en las interpretaciones de los diferentes modelos sobre el origen de los magmas de los tres estratovolcanes: Diferentes tasas de fusión parcial, un manto superior enriquecido o contaminación cortical.

En comparación a análisis de varios conos monogenéticos de la Sierra de Chichinautzin, las muestras de los tres estratovolcanes presentan por ejemplo valores de MgO empobrecidos (0.3 y 4.5 % peso) y relaciones Nb/Zr bajos (0.1 hasta 0.04), típicos para una componente de subducción involucrada en la generación de estos magmas. Las relaciones isotópicas de Sr y Nd muestran un rango relativamente heterogéneo con mínimas y máximas para $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ entre 0.70370 (Nevado de Toluca) y 0.70463 (Popo) y parámetros $\epsilon\text{-Nd}$ entre -1.4 (Pico de Orizaba) y +6.6 (Nevado de Toluca). Por otro lado, las relaciones isotópicas de Pb caen en rangos homogéneos entre 18.55 y 18.78 para $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ y de 15.54 y 15.59 para $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, valores representativos para el manto superior y MORBs.

La base de datos de elementos mayores y trazas y la isotopía de Sr, Nd y Pb caracteriza claramente la generación de los magmas del Popocatepetl, Pico de Orizaba y del Nevado de Toluca en un ambiente de subducción. La isotopía de Pb demuestra heterogeneidades menores del manto superior debajo de los distintos edificios volcánicos. La presencia de xenolitos graníticos y sedimentarios en pómez del Popocatepetl prueba diferentes tasas de contaminación cortical en la cámara magmática, responsable para la amplia variación en las relaciones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y el parámetro $\epsilon\text{-Nd}$ de los tres estratovolcanes.

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA GEOQUÍMICA DEL SE Y PB EN LA SUBCUENCA SAN NICOLÁS DEL MONTE-PRESA DE MATA EN EL DISTRITO MINERO DE GUANAJUATO

Mendoza A.E.¹, Armienta M.A.¹ y Ramos R.E.²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² CIQI, Universidad de Guanajuato

El Distrito Minero de Guanajuato situado en los alrededores de la ciudad del mismo nombre y localizado a 475 Km N-O de la ciudad de México, fue descubierto por los españoles en el año de 1548. La primera Veta localizada fue la Veta Madre de San Bernabé, hoy La Luz al N-O del Distrito. Posteriormente se desarrollaron varias minas de oro y plata, por lo que este Distrito se hizo famoso a nivel mundial.

La explotación minera ha sido una actividad extensiva que ha dejado viejas haciendas e instalaciones abandonadas, un sinnúmero de catas, socavones y tiros, pero lo más notorio son los residuos del beneficio conocidos como "jales mineros".

A la fecha existen millones de toneladas de material de desecho minero (jales y terreros) expuestos a la intemperie. Después de ser depositados los jales no quedan consolidados, sino más bien en una situación de inestabilidad (física y química) y son fácilmente intemperizados. Estas condiciones implican un riesgo de liberar metales al ambiente. Se estima que en la actualidad se depositan más de 3,000 ton/día de estos materiales de desecho en varias presas de jales de la región.

Se eligió como zona de estudio la sub-cuenca San Nicolás del Monte Presa de Mata, por tener como única fuente antropogénica los residuos mineros. En ella se encuentran dos depósitos de terreros y dos de jales mineros, procedentes de las minas "La Asunción" y "La Pasadena" con más de cincuenta años de abandono.

El objetivo principal es determinar la movilidad del selenio y el plomo a partir de jales y terreros, así como evaluar su distribución en agua y en sedimentos de la Presa de Mata.

Los parámetros de campo analizados para agua superficial y subterránea son: pH, temperatura, potencial redox, conductividad y alcalinidad. Además de los parámetros de laboratorio como: dureza, sulfatos, cloruros, sodio, potasio, calcio y sílice (por vía húmeda), plomo (por horno de grafito), cobre, zinc, hierro (por absorción atómica con flama), arsénico y selenio por generación de hidruros.

Respecto a las muestras de jales, terreros y sedimentos se determinaron parámetros de campo tales como: pH, temperatura y potencial redox. Para la reconstrucción mineralógica se realizaron los análisis cuantitativos por absorción atómica de flama y la mineralogía mediante difracción de rayos X. Además se efectuó una digestión ácida de muestras sólidas para el análisis de selenio, arsénico, hierro, cobre, zinc y plomo.

En este trabajo se presentan los primeros resultados de esta investigación.

EVIDENCIAS GEOQUÍMICAS SOBRE EL MARCO TECTÓNICO DE LOS PÓRFIDOS CUPRÍFEROS DEL NORTE DE SONORA

Martín Valencia Moreno¹, Carlos González León¹ y Lucas Ochoa Landín²

¹ Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

² Depto. de Geología, Universidad de Sonora

Los depósitos de tipo pórfido cuprífero del norte de Sonora representan uno de los rasgos metalogenéticos más importantes dejados por el paso de la Orogenia Larámide en México. Estos depósitos junto con los grandes depósitos de Arizona y New Mexico, constituyen una de las provincias más importantes de cobre porfídico en el mundo. En esta región, la mineralización fue emplazada en una corteza caracterizada por un basamento de rocas metamórficas proterozoicas. El tipo de basamento sin embargo, no es una condición ya que estos sistemas se extienden hacia el sur de manera irrestricta sobre basamentos de carácter más juvenil, como el Terreno Guerrero en Sinaloa. Trabajos previos acerca de las firmas isotópicas de Sr y Nd en rocas graníticas laramílicas del noroeste de México, muestran un control provincial del basamento, lo cual sugiere que la composición inicial del magma fue modificada por procesos de asimilación cortical. De la misma forma, los sistemas de pórfido cuprífero muestran claras variaciones metalogenéticas a lo largo del cinturón mineralizado, indicando también un posible control regional de acuerdo al tipo de corteza intrusiva. A pesar de las numerosas ocurrencias, los depósitos mexicanos de clase mundial solo se conocen en el norte de Sonora, particularmente en los distritos de Cananea y Nacozari, los cuales se caracterizan por grandes acumulaciones de cobre supergénico. Un poco más al sur, en Sonora norte-central, los depósitos están constituidos esencialmente por estructuras brechoides ricas en molibdeno, como el distrito de Cumobabi que hace unos años figuraba como primer productor nacional de ese metal. El origen de estas diferencias metalogenéticas en depósitos relativamente cercanos es incierto. Sin embargo, debido a que curiosamente los distritos de la región norte y norte-central de Sonora se localizan a ambos lados de la llamada megacizalla Mojave-Sonora (MSM), una primera opción apunta hacia la existencia o no de dicha estructura, la cual formula la presencia de dos bloques proterozoicos yuxtapuestos lateralmente. En el presente trabajo se analizaron las composiciones isotópicas de Rb-Sr y Sm-Nd en granitoides frescos y cuerpos mineralizados de depósitos localizados a ambos lados de la supuesta traza de la MSM, pero los resultados obtenidos no muestran evidencias claras a favor o en contra de este modelo. Por otro lado, dado que los sistemas de pórfido cuprífero son estructuras que generalmente presentan un zoneamiento vertical y horizontal de la mineralización y la alteración hidrotermal, una segunda posibilidad sería que los depósitos de Sonora norte-central exhiben partes más profundas en los sistemas mineralizados, mientras que los depósitos de la región norte están mucho mejor preservados y aún presentan parte de la estructura superior. La ausencia casi total de afloramientos de rocas volcánicas en la porción central del cinturón Larámide en Sonora, hace suponer que esta región fue tectónicamente levantada y estuvo más expuesta a la erosión que la región norte.

RESULTADOS GEOQUÍMICOS E ISOTÓPICOS PRELIMINARES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS Y LA FORMACIÓN DEL PÓRFIDO CUPRÍFERO DE EL ARCO, BAJA CALIFORNIA

Bodo Weber, Lance Forsythe, Hector Romero-Espejel y Margarita López-Martínez
Depto. de Geología, CICESE

El Pórfido Cuprífero de El Arco, B.C. (PCEA) se localiza 3 km al N del Paralelo 28° N, en la parte más meridional del Estado de Baja California y en la parte central de la Península. Las rocas prebatolíticas en la región del PCEA se ubican en la margen oriental del batolito occidental, dentro del complejo ígneo-metamórfico correlacionable con la Formación Alisitos del Cretácico-Jurásico (Barthelmy, 1979). El PCEA está alojado en uno de los cuerpos intrusivos emplazados en rocas volcánicas, que están metamorfozadas en la facies de esquistos verdes. La mineralización está constituida por un núcleo de calcopirita rodeado por un halo pirítico, consistente con la alteración sílico-potásica y la propilitización, respectivamente. Hasta la fecha existen únicamente algunos fechamientos por K-Ar (Echávarri-Pérez, 1975, Damon et al., 1983) que indican una edad de las rocas metavolcánicas entre ~94 y ~107 Ma y del cuerpo intrusivo de entre ~91 y ~98 Ma. En la década de los setenta se efectuó un programa de barrenación sistemática (250 barrenos) que permitió delimitar un cuerpo con más de 600 millones de toneladas de mineral con 0.6 % Cu (Coolbaugh et al., 1995). Con el apoyo del GRUPO MÉXICO se hizo un muestreo de los núcleos de diferentes barrenos tanto dentro del núcleo de calcopirita como fuera de la zona de mineralización, para análisis químicos e isotópicos.

De los análisis de elementos mayores y traza de dieciséis muestras se pueden clasificar las rocas con poca evidencia de alteración, tomado fuera del núcleo calcopirítico, en el diagrama álcalis totales – sílice como traquiandesitas basálticas (8), traquidacitas (6) y traquiandesitas/andesitas (2). Las mismas se dividen en dos grupos por su contenido en TiO₂: más de 1 % (grupo 1) y menos de 1 % (grupo 2). El grupo 2, que consiste en traquiandesitas basálticas, traquiandesitas y traquidacitas, demuestra una correlación positiva entre TiO₂ y MgO, anomalías negativas en Nb y Ta y enriquecimiento en elementos incompatibles, típico de magmas de arco. Desde el punto de vista metalúrgico, el grupo 2 tiene los valores más altos en Cu. El grupo 1, con contenidos en TiO₂ de más de 1 % en peso, tiene patrones más planos en elementos traza y anomalías negativas de Ta y Nb mucho más pequeñas, que el grupo 2. Esto puede indicar que los procesos de mezcla de magmas desempeñaron un papel importante en la historia geológica del PCEA.

Los isótopos de plomo pueden ser útiles para determinar la fuente del plomo en los yacimientos. Suponiendo que los metales asociados, como Au, Ag, Cu, Zn, fueron extraídos de la misma fuente y fueron transportados y depositados por el mismo fluido hidrotermal, la información genética que resulta de los isótopos de plomo es transferible a los demás elementos metálicos. En el caso del cobre dicha suposición es válida en la mayoría de los casos por sus propiedades químicas muy similares a las del plomo. Hasta la fecha se han analizado isótopos de plomo de 18 muestras del PCEA tanto de roca entera como de separados de minerales (pirita, calcopirita y cuarzo). Las composiciones isotópicas de la mayoría de

las muestras varían poco, con $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ entre 18.12 y 18.38, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ entre 15.52 y 15.56 y $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ entre 38.15 y 38.26. Las composiciones isotópicas más bajas tanto en Pb uranogénico como torogénico corresponden a las piritas separadas de muestras de un barreno fuera del núcleo de calcopirita. Las composiciones isotópicas de una calcopirita de una vetilla de calcita en el centro de PCEA caen dentro del promedio de los valores anteriormente mencionados. Dos muestras de roca entera del núcleo de calcopirita, con los mayores contenidos en Cu de todas las muestras analizadas (1500 y 1250 ppm), tienen composiciones isotópicas más radiogénicas que las demás muestras del PCEA ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.79$ - 18.93 ; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.54$ - 15.56 ; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.51$ - 38.55). Del análisis de una filita del basamento al este del PCEA resultó que tiene composiciones isotópicas muy similares a las dos muestras del núcleo calcopiritico ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.73$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.55$; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.36$).

Los datos isotópicos de plomo indican que la mayoría del plomo que contribuye a las rocas del PCEA evolucionó en una fuente con un valor $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ ($\mu=9.43$, promedio) más bajo que el promedio de la Tierra según el modelo de Stacey and Kramers (1975). Eso se puede interpretar como una mezcla de Pb proveniente del manto empobrecido en U y de Pb proveniente de la corteza continental, que parece ser convincente para rocas formadas en una zona de subducción. Las muestras que tienen composiciones isotópicas más radiogénicas requieren una fuente de Pb adicional que probablemente evolucionó en la corteza superior, con mayor contenido de U y también de Th. Con respecto a la formación del PCEA se puede inferir hasta el momento, que la actividad hidrotermal que formó las zonas con mayor contenido en cobre estuvo ligada a los fluidos que transportaron los elementos metálicos del basamento metamórfico adyacente al PCEA, en cambio las zonas fuera del núcleo calcopiritico tenían poca influencia de aguas mineralizantes provenientes de las rocas encajonantes sino más bien del mismo complejo ígneo-volcánico.

Referencias:

- Barthelmy, 1979: In: Baja California Geology. - San Diego State Univ. 127 – 138.
- Coolbaugh et al., 1995: In: Porphyry Copper Deposits of the American Cordillera. - Arizona Geol. Soc. Digest. 525-534.
- Damon et al., 1983: In: Metallogeny and tectonics of the North American Cordillera. - GAC/MAC/CGU 1052-1071.
- Echávri-Pérez, 1975: Bol. del Departamento de Geología, U. de Sonora. Octubre. 1-18.
- Stacey and Kramers, 1975: Earth Planet. Sci. Lett., 26, 207-221.
- GEOQP-10

OPTIMIZANDO LA GEOCRONOLOGÍA POR $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ UTILIZANDO UN MS-10

Gradilla Martínez Luis Carlos, De Basabe Delgado Jonas,
Mojarro Bermúdez J. y López Martínez Margarita
Depto. de Geología, CICESE

El RGA-10 es el sistema de control electrónico del espectrómetro de masas MS-10 actualmente en uso en el Laboratorio de Geocronología del CICESE. Este equipo fue diseñado de fábrica para detectar masas de 0 a 100, además de

contar con numerosas opciones de control para ajustarse a diferentes parámetros de adquisición. Se rediseñó el circuito haciendo un análisis en circuitos esquemáticos, reales e impresos, para optimizar el instrumento, y concentrándose en las masas de interés (15 a 50), en este proceso se omitieron circuitos redundantes, circuitos de control manual, amplificadores de señal. El convertidor de voltaje a frecuencia que originalmente consistía en otro elemento del sistema, se ha integrado a la nueva unidad de control. La tarjeta de control fue optimizada, para reducir el número de interconexiones entre instrumentos, como resultado se presenta una unidad de control modificado, que resuelve específicamente el objeto del análisis.

Paralelo a la optimización del circuito electrónico se desarrollaron programas con interfaces tipo Windows que son compatibles entre sí y permiten tomar las mediciones, procesar los datos y generar varios tipos de gráficas que ayudan a detectar errores del proceso y a ilustrar los resultados. Estos programas están diseñados para facilitar las tareas del laboratorio y asegurar que se realicen de manera consistente los experimentos.

El programa *MS-10 Interface* controla digitalmente, a través de tarjetas especiales, el espectrómetro de masas y el resto del equipo de medición facilitando la adquisición de datos. Los datos medidos quedan registrados en un archivo que se puede monitorear a través de la red cuando el encargado del laboratorio quiere conocer el avance del experimento desde algún otro lugar.

Para facilitar la detección de errores en las mediciones se desarrolló el programa *RaDAn*, que permite visualizar los “datos crudos” y descartar fácilmente los datos erróneos. Este programa genera un archivo que solo se puede abrir por el programa *AgeCalc*, que realiza los cálculos necesarios para determinar la edad de la muestra. Además crea automáticamente diferentes tipos de gráficas como: espectros de edad; diagramas de $^{37}\text{Ar}_{\text{Ca}}/^{39}\text{Ar}_{\text{K}}$; isocronas $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ vs $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ y $^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ vs $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$. Con el programa *AgeCalc* se pueden manejar uno o más experimentos, en este último caso el programa normaliza automáticamente los datos a un valor del J predeterminado. También cuando se utiliza la opción de graficado del espectro de edad, se tienen como opciones: cálculo de la edad de meseta tomando en cuenta solo los bloques seleccionados o se puede recalcular el espectro de edad con un valor de $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ diferente del atmosférico, este dato se puede tomar directamente del calculado con la isocrona o se puede escribir cualquier otro valor.

GEOQP-11

AR-AR RESULTS FROM THE SAN PEDRO-CEBORUCO VOLCANIC FIELD, NAYARIT, MEXICO

H.M. Frey¹, R.A. Lange¹, C.M. Hall¹, H. Delgado-Granados²

¹ University of Michigan, USA

² Instituto de Geofísica, UNAM

Twenty-two high-precision $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages (total gas, plateau, and isochron) were determined for lava flows and monogenetic cinder cones in the San Pedro-Ceboruco graben in the western Mexico, using the laser step-heating technique. The combination of subduction and extension in the western Trans Mexican arc has led to the spatial and temporal juxtaposition of two distinctive magma types in the region: (1) calc-alkaline andesites and dacites and (2) OIB (oceanic island basalt) -type or intraplate basalts and basaltic-andesites (Petrone et al., 2001). To date Volcán Ceboruco, an andesitic stratovolcano, a sample was taken from a flow at the base of the caldera wall, as well as a dike cutting all of the flows exposed

in the caldera wall, the oldest exposed rocks of the volcano. The age of the base flow was 0.044 ± 0.018 (1 sigma) Ma and the age of the dike was 0.045 ± 0.009 , making Ceboruco among the youngest stratovolcanoes in western Mexico. Ages were determined for eight basaltic-andesite cinder cones NW and SE of Ceboruco, which define a NW-SE trend, consistent with regional faulting (Nelson, 1980). These transitional to OIB-like lavas (TiO₂ from 0.95 to 1.63 wt%) range in age from 0.012 ± 0.013 to 0.369 ± 0.014 Ma, and are thus both contemporaneous and older than volcanism at the main edifice of Ceboruco. Dates were also obtained on San Pedro, a dacite dome west of Volcán Ceboruco, and several surrounding cones and flows. Ages determined for the rhyolite at Los Ocotes (0.117 ± 0.010 Ma) and the basaltic-andesite at Volcán Tezontle (0.196 ± 0.077 Ma) are consistent with those reported in the literature (Ferrari et al., 2000 and Petrone et al., 2001). However the ages of the dacite at San Pedro (0.037 ± 0.013 Ma) and the basaltic-andesite shield volcano SW of San Pedro (0.293 ± 0.023 Ma), are significantly younger than previously reported (Ferrari et al., 2000). The shield volcano covers normal faults which cut through Cerro!

Las Tetillas, a rhyolitic dome dated at 2.3 ± 0.5 Ma (Gastil et al., 1979). The youthful age of the shield volcano indicates that faulting is constrained to be older than 0.293 Ma, as opposed to 1.1 Ma (Ferrari and Elguera, 2000). Two older rhyolitic ash flows in the region (one is SE of San Pedro and the other is SE of Volcán Ceboruco) were dated at 4.53 ± 0.026 and 4.19 ± 0.012 Ma, respectively. This is consistent with the published age of 4.2 ± 0.016 Ma (Richter et al., 1995) for a silicic ashflow near the town of Jomulco, suggesting that silicic ashflows may have been widespread in the region 4 - 4.5 Ma.

GEOQP-12 CARTEL

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DEL ÁREA AHUALULCO-MOCTEZUMA, CAMPO VOLCÁNICO DE SAN LUIS POTOSÍ

Maria de los Angeles Trejo Morán y Rodolfo Rodríguez Ríos
Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Av. Dr. Manuel Nava No. 5, Zona Universitaria, San Luis Potosí
S.L.P., 78240, México
E-mail: rrios@uaslp.mx

El área de estudio se localiza aproximadamente a 40 Km en línea recta al NW de la ciudad de San Luis Potosí, esta zona se encuentra dentro de la Cuenca Mesozoica del Centro de México. En ella afloran rocas sedimentarias marinas del Cretácico Superior de la Formación Caracol, cubiertas discordantemente por rocas continentales y volcánicas del Terciario, las cuales pertenecen al Campo Volcánico de San Luis Potosí (CVSLP), este campo volcánico pertenece a la faja ignimbrítica mexicana. De acuerdo a los criterios petrológicos propuestos por Cameron y colaboradores (1980), el CVSLP corresponde a las facies de rocas calcialcalinas con alto contenido de K de la provincia magmática de la Sierra Madre Occidental, variando su composición principalmente de felsica a intermedia. La secuencia estratigráfica que se observa en el área es la siguiente "De la base a la cima las rocas que la componen son rocas sedimentarias de la Formación Caracol, los epiclasticos continentales de la Formación Cenicera Inferior, la Andesita Casita Blanca en su miembro Superior e Inferior de edad de 44.1 ± 2.2 Ma, Dacita Jacavaquero, Ignimbrita Membrillo, Latita portezuelo de edad de 30.6 ± 1.5 Ma, Riodacita Zapatero, Coignimbrita el Saus, Ignimbrita Panalillo de edad de 26.8 ± 1.2 Ma, Epiclasticos San Nicolás, Conglomerado San Nicolás y Basalto las Joyas".

Las fallas que se encuentran en el área de estudio son en su mayoría de tipo normal y de desplazamiento y se considera que son el resultado de la extensión reciente que ocurrió en el Terciario Medio, por lo que algunos autores sugieren que la zona pertenece a la provincia tectónica de "Cuenas y Sierras".

La composición química de las muestras obtenidas en el área de estudio nos da los siguientes resultados: el contenido de SiO₂ varía de 45.99% a 73.34%, el contenido de K₂O esta entre 2.24%-6.62% y el contenido de álcalis (Na₂O+K₂O) varía de 4.95% a 8.15%. Su clasificación varía según el diagrama "TAS" desde Basaltos a Riolititas. En base al diagrama de Irving y Baragar las rocas muestran un carácter que va de subalcalino a alcalino. También se puede observar por medio del diagrama A-B que estas muestras se presentan desde peraluminosas a metaluminosas.

Los principales minerales normativos calculados son los siguientes: cuarzo, ortoclasa y albita.

El ambiente tectónico de las rocas del área se define por el uso de los diagramas de discriminación tectónica, en los diagramas de Kay las muestras se encuentran clasificándose en un ambiente tectónico de arcos continentales y el basalto en un ambiente tipo Hawai, según Pearce se clasifican en un ambiente de arcos volcánicos sincolisión y de intraplaca.

GEOQP-13 CARTEL

CARTOGRAFÍA, PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DEL INTRUSIVO "CERRO LA SOLEDAD" EN LA PORCIÓN OCCIDENTAL DEL CINTURÓN CANDELA-MONCLOVA, PROVINCIA ALCALINA ORIENTAL MEXICANA

Cano-González, A.¹, Chávez-Cabello, G.^{1,2}, Morton-Bermea, O.³, Porras-Vázquez, M.A.¹, Tovar-Cortés, J.A.¹, Terrazas-Calderón, G.D.¹ y Valdez-Reyes, M.A.¹

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UNANL

Apdo. Postal #104, Linares, NL., 67700, México

² Unidad de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM
Apdo. Postal #1-742, Santiago de Querétaro, Qro., 76001, México

³ Instituto de Geofísica, UNAM, México

La Provincia Alcalina Oriental Mexicana (PAOM) consta de una serie de complejos magmáticos de composición predominantemente alcalina, orientados NW-SE y se extiende desde Sierra Blanca, USA, hasta Palma Sola, Veracruz, México. Los plutones más antiguos están el Norte con edades de 46 M.a. y de hasta 16 M.a. en el Sur. El área de interés corresponde al Cinturón Candela Monclova (CCM), localizado entre Coahuila y Nuevo León, éste presenta edades de 43 - 35 M.a. Para la PAOM se han determinado dos tipos de magmatismo: el más antiguo relacionado a la subducción de la placa Farallón bajo Norteamérica durante el Paleógeno y, el más reciente, asociado a un ambiente extensional durante el Neógeno. Para el CCM se han reportado estudios petrográficos y geoquímicos en cinco de los 13 cuerpos intrusivos que lo componen, estos son: el Cerro Marcelinos, Mercado, Imán, Colorado y Providencia, interpretándose como producto de subducción. El área de interés en este trabajo corresponde al intrusivo La Soledad, localizado en la parte más occidental del CCM. Por su ubicación, variación composicional y relaciones de emplazamiento de las fases ígneas reconocidas, éste plutón representa una parte clave para complementar la información

reportada. Se elaboró una cartografía geológica a detalle (1:10,000) y un muestreo petrográfico y geoquímico sistemático. El estudio petrográfico inicial indica que las rocas varían de cuarzo-sienitas hasta cuarzo-monzodioritas, y se encuentran intrusionando a la Formación Aurora del Cretácico medio. El presente trabajo forma parte de un proyecto de investigación regional sobre la composición, relación temporal de los eventos magmáticos con respecto a la deformación regional y el tipo de mecanismos de ascenso y emplazamiento que experimentaron los magmas en el CCM.

GEOQP-14 CARTEL

EL ORIGEN DE LA EPIDOTA EN LA ROCA FUNDIDA POR IMPACTO DEL CRÁTER CHICXULUB, MÉXICO

Lounejeva E. y Elias-Herrera, M.
Instituto de Geología, UNAM

La epidota es un mineral típico de rocas metamórficas, producto de metasomatismo de contacto y procesos hidrotermales. Sin embargo, la epidota magmática primaria fue encontrada en granitoides. En este trabajo se discute un posible origen magmático a raíz de impacto de unos cristales accesorios de la epidota e implicaciones para la cristalización de la roca.

El estudio se llevó a cabo sobre la muestra de roca holocristalina fundida por impacto proveniente del Intervalo 1391-1394 m del Pozo Chicxulub 1 (muestra C1N10). La roca de composición de un granitoide se compone principalmente por los fenocristales de plagioclasa, augita, feldespato alcalino y cuarzo. La lista de minerales accesorios incluye epidota, magnetita, hematita, esfena, apatita y escasos piritita y calcopiritita. La epidota está presente en la roca en tres formas diferentes: 1) cristales en forma de moños y cuñas (hasta 300 micras) con color de interferencia azul-amarillo anómalo, separados o en agregados, o rellenando cristales de plagioclasa tipo funda, 2) agregados de aspecto grumoso dispersos en la mesostasis de la roca, y 3) cristales esporádicos euhedrales poligonales (de hasta 200 micras) con bordes nítidos, relieve y colores de interferencia altos (rojo de 2do orden). El origen de estos últimos fue puesto en duda debido a su respuesta óptica poco común y su relación con el entorno.

Los criterios principales de distinción de epidota magmática no están bien definidos, pero la evidencia fuera de dudas es cuando la epidota forma fenocristales. Entre otras características se consideran importantes 1) el zoneamiento de epidota con núcleo rico en alanita, 2) textura ofítica en la cual la epidota al parecer sigue la cristalización de la hornblenda pero es previa o contemporánea a la biotita, e indirectamente 3) ausencia de alteración de plagioclasa o biotita como parte de procesos metamórficos.

La forma cercana a la euhedral y la presencia de microzoneamiento óptico observado en algunos casos ha permitido inferir un origen magmático primario para los cristales esporádicos de la epidota. La morfología euhedral de esta epidota primaria indica un crecimiento en perfecto equilibrio con el líquido residual.

Con base en los trabajos experimentales de la presencia de la epidota magmática primaria en la roca de fusión se infieren las siguientes condiciones iniciales de cristalización. La saturación en agua (>12%) es requerida para formar una fase contenedora de agua estructural como es el caso de la epidota. Las presiones bajas (< 6.5

kbar) y una alta fugacidad de oxígeno se pueden inferir por el relativamente alto contenido de hierro (Ps >22). La ausencia de granate o de alanita contribuye a la idea de presiones bajas. Una alta fugacidad de oxígeno extiende el rango de estabilidad de la epidota a temperaturas arriba del sólido de granitoide (>790°C); la presencia de cristales esqueléticos de hematita primaria esparcidos en la matriz también contribuyen a la idea de una alta fugacidad de oxígeno al iniciarse la cristalización.

GEOQP-15 CARTEL

EL TRABAJO DEL LUGIS Y SU PRESENCIA EN TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN MÉXICO

Gabriela Solís Pichardo, Ma. del Sol Hernández Bernal,
Teodoro Hernández Treviño, Juan Morales Contreras y Peter
Schaaf
Instituto de Geología, UNAM

Desde su fundación, el LUGIS ha contribuido ininterrumpidamente en el desarrollo de varios proyectos científicos que involucran a la geoquímica isotópica de Sr, Nd y Pb como parte de sus herramientas de investigación. Entre las finalidades propuestas por el laboratorio, una fue la de dar apoyo a estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado, objetivo que se ha venido cumpliendo cabalmente al ver los resultados que se han obtenido en la producción de tesis que incluyen temas isotópicos. Así mismo se han visto beneficiados investigadores de varias instituciones dentro y fuera de la UNAM, entre las que se cuentan principalmente: Instituto de Geología, UNAM, Instituto de Geofísica, UNAM, Centro de Investigaciones en Energía, UNAM, UABCS, Laboratorio de Geoquímica Marina, CINVESTAV, Depto. de Geología, CICESE y Universidad Michoacana, entre otras.

Tan sólo en los últimos dos años los materiales analizados el LUGIS han sido muy diversos al igual que su procedencia. Entre algunos ejemplos de rocas ígneas se tienen las intrusivas, de graníticas a granodioríticas, del Bloque de los Cabos en Baja California Sur, y las del Laramide de Sonora; rocas gabroicas de Baja California Sur; así como pegmatitas de Oaxaca y del Bayerischer Wald en Alemania. Entre las extrusivas, se han realizado análisis en muestras que afloran en lugares como la Sierra de Chichinautzin, la Provincia Volcánica Terciaria del Sur de México, diversos campos volcánicos en Coahuila y Querétaro y extensas regiones volcánicas como en Taxco, Gro. Cabe mencionar que también se han obtenido resultados isotópicos para importantes volcanes como el Chichón y el Tacaná. Muestras sedimentarias y basaltos tipo MORB del DSDP también han sido procesadas en el LUGIS. De proyectos en Perú se han recibido shoshonitas cuaternarias. En rocas metamórficas se han trabajado eclogitas del complejo Acatlán y rocas metabasálticas y metasedimentarias provenientes del estado de Puebla.

Ejemplos en otros materiales incluyen las recientes determinaciones isotópicas de Sr en agua de mar y ventilas hidrotermales en Punta Mita, Nayarit; así como en ostiones y dientes de tiburón de Baja California Sur. Se han procesado fluoritas asociadas a los yacimientos minerales en Taxco, Gro. para contribuir a determinar el origen de los fluidos hidrotermales. Los datos isotópicos de Pb para corales en el Mar Caribe también han sido de utilidad en investigaciones ambientales. Diversos fechamientos por el método U-Pb se han realizado en zircones del Complejo Oaxaqueño y de los intrusivos de Chiapas.

Aunado a esto, en el último año se le ha dado énfasis al proyecto interno del laboratorio que consiste en estudiar las variaciones isotópicas temporales de Sr, Nd y Pb de los estratovolcanes Popocatepetl, Pico de Orizaba y Nevado de Toluca.

De esta manera, es tangible la diversidad de materiales geológicos tratados en el laboratorio, así como la amplia distribución, tanto espacial como temporal, de datos isotópicos obtenidos en el LUGIS. En un futuro esto nos permitirá generar una base amplia de datos isotópicos para el país que contribuya a interpretaciones tectónicas regionales.

GEOQP-16 CARTEL

ESTUDIO GEOQUÍMICO DEL CAMPO VOLCÁNICO ACATLÁN, JAL.

Maldonado-Sánchez Ma. G.¹, Rosas-Elguera, J.² y Schaaf, P.¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad de Guadalajara

El Campo Volcánico Acatlán (CVA) se encuentra en la porción occidental de la Faja volcánica Transmexicana dentro del Bloque Jalisco; es un campo de edad cuaternaria constituido por domos riolíticos, lavas y conos andesíticos ubicado en una zona de relevo entre los sistemas de fallas que forman los semigraben de Ameca y Zacoalco. En este campo destaca el emplazamiento sobre escarpes de fallas, bloques basculados y conos volcánicos, el depósito de la Ignimbrita Acatlán fechada en 0.66 ± 0.02 Ma por K-Ar en roca total. Esta unidad cubre aproximadamente 300 km² y se caracteriza por presentar zoneamiento de la base a la cima, evidenciada por la presencia de pómez color blanco en la parte inferior y pómez negra en la parte superior, observándose una zona de mezcla en la porción intermedia. Cerca de la fuente, la ignimbrita Acatlán sobreyace a una andesita de piroxeno con xenocristales de hasta 2 cm de diámetro y se encuentra cubierta por una andesita de piroxeno y olivino.

El análisis geoquímico por Fluorescencia de Rayos X de las diferentes unidades que constituyen el CVA, indican que las concentraciones de SiO₂ para las rocas riolítico-dacíticas, incluyendo la pómez silícica de la Ignimbrita Acatlán, oscila entre 70.5 wt% y 71.51 wt% y para las rocas de composición andesítica y andesítico-basáltica, el rango varía de 54.8 wt% a 65.08 wt%.

Los contenidos de K₂O de las unidades se encuentran entre 1.8 wt% (andesita) y 5.5 wt% (pómez ríolítica), y junto con los datos de los elementos mayores, caracterizan a las rocas de este campo como subalcalinas de la serie calco-alcalina.

Para determinar la procedencia de los magmas de las unidades del CVA, se están procesando las muestras para isotopía de Sr, Nd y Pb.

GEOQP-17 CARTEL

ESTUDIO PETROLÓGICO Y VULCANOLÓGICO DE LOS PRODUCTOS MONOGENÉTICOS Y FISURALES, DE LA SIERRA CHICHINAUTZÍN TOLUCA, MÉXICO

Meriggi Lorenzo, Conticelli Sandro, Capra Lucia y Vaggelli Gloira

Instituto de Geofísica, UNAM

El presente estudio abarca la porción centro-occidental de la Sierra Chichinautzin (Sch), cerca del Volcán Nevado de Toluca. En la Sch se han identificado más de 200 volcanes monogenéticos (conos de ceniza y/o escoria, lavas fisurales y domos), con edades que varían entre 40,000 y 2,000 años (Márquez A. et. al, J. Volcanol. Geotherm. Res. 93: 125-150, 1999). Su origen ha sido asociado a la tectónica (distensiva y transcurrente) del área, donde el lineamiento Este-Oeste de algunos de los conos (ej. Los Cuates, Volcán Negro-Volcán Cuautl, Tenango-Tres Cruces, entre otros), puede relacionarse con el "Sistema de Fallas Tenango" (García Palomo et. al. Tectonophysics 318: 281-302, 2000).

Con base en el análisis morfológico de los diferentes conos mediante fotografías aéreas, se distinguió una población de conos con alto grado de erosión (más viejos) y otra de conos con menor grado de erosión (más jóvenes). La presencia en el área de estudio, de la Pómez Toluca Superior, depósito de caída cuya edad es de 10,500 años A.P. (Macías and Arce, EOS Trans. Am. Geoph. Union; Fall Meeting; San Francisco USA, Dec. 8-12, 1997; Arce, Master Thesis: UNAM, 99p., 1999), permitió subdividir la población de conos más jóvenes en dos grupos: uno cuya edad es <10,500 años A.P. y el otro con edad >10,500 años.

Se analizaron muestras de lava, escoria y cenizas representativas de 21 conos diferentes. Estas principalmente son de composición básica (<55% SiO₂) e intermedia (60% SiO₂), aunque en la zona meridional se encontraron algunos productos de composición dacítica. En el diagrama de clasificación Alkali-Sílice (TAS; LeBass et. al., J. Petrology 27: 745-750, 1986), los productos se ubican en el límite de la línea que divide a los productos alcalinos y sub-alcalinos. Los productos del Volcán Santa Cruz, presentan un elevado contenido en K₂O, por lo que en el diagrama TAS se ubican en el campo de las rocas shoshoníticas.

Todos los productos volcánicos >10,500 años y <55 wt.% de SiO₂, están constituidos por fenocristales y microfenocristales de Olivino (Ol)>Clinopiroxeno (Cpx)>>Ortopiroxeno (Opx). Las rocas 55 - 62 wt.% SiO₂ presentan fenocristales de Cpx>Opx, y escasos microfenocristales de olivino. Ambas rocas tienen una matriz microlítica constituida de plagioclasas y vidrio.

De otro lado, entre los productos más jóvenes (<10,500 años), las lavas presentan fenocristales de Cpx>>Opx y las escorias presentan Cpx>Ol>>Opx, ambas con una matriz de plagioclasas y vidrio. En estas rocas también se observan xenocristales de cuarzo con bordes de reacción constituidos de piroxenos, plagioclasa con texturas de tamiz y relictos de cristales de hornblenda.

La interpretación de los diagramas de los datos químicos y la observación de las láminas delgadas sugieren que la cristalización fraccionada fue el proceso magmático predominante, con algunas evidencias de asimilación y mezcla de magmas.

**PETROGRAFIA Y GEOQUÍMICA DEL INTRUSIVO
CERRO MERCADO, CINTURÓN CANDELA-
MONCLOVA, PROVINCIA ALCALINA ORIENTAL
MEXICANA**

Terrazas-Calderón, G.D.¹, Chávez-Cabello, G.^{1,2}, Morton-Bermea, O.³, Porras-Vazquez, M.A.¹, Valdez-Reyes, M.A.¹, Cano-González, A.¹ y Tovar-Cortès, J.A.¹

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

Apdo. Postal #104, Linares, N.L., 67700, México

² UNICIT, Instituto de Geología, UNAM

Apdo. Postal #1-742, Santiago de Querétaro, Qro., 76001, México

³ Instituto de Geofísica, UNAM

México, D.F., 04510, México

El cerro Mercado es el intrusivo más grande, mejor expuesto y menos alterado de los cuatro plutones existentes en la parte oeste del Cinturón Candela Monclova (CCM), localizado al norte de la Provincia Alcalina Oriental Mexicana (PAOM). Debido a lo anterior, representa un cuerpo ideal para estudios detallados sobre geoquímica, mecanismos de ascenso y emplazamiento de magmas. En el presente trabajo se efectuó una cartografía geológico-estructural detallada, así como un muestreo petrográfico y geoquímico amplio, con el fin de obtener información concluyente sobre la evolución geoquímica y estructural del Cerro Mercado y así, entender su significado dentro del CCM y a su vez dentro de la PAOM. En primera instancia, se observa una estructura emplazada forzosamente que generó una aureola tectónica bastante amplia, con presencia de fallas de empuje hasta a un kilómetro de distancia del contacto intrusivo-roca encajonante. Los resultados petrográficos indican la existencia de cuarzomonzonitas, monzonitas y dioritas, que presentan tanto foliaciones magmáticas como tectónicas. Como la mayoría de los intrusivos del CCM, el Cerro Mercado se emplazó generando espacio dentro de rocas del Cretácico inferior y medio, representado por las Formaciones Cupido y Aurora, ocasionando una deformación menor sobre las Formaciones Kiamichi y del Grupo Washita del Cretácico superior. Al igual que los intrusivos Cerros Marcelinos, Providencia, Imán y Colorado, el plutón del Cerro Mercado, hasta lo que se conoce, geoquímicamente representa un intrusivo relacionado con la fusión de una placa oceánica bajo el borde oeste de Norteamérica durante el Paleógeno. El estudio detallado de la amplia aureola tectónica presente en este plutón, será de gran importancia en la interpretación de los mecanismos de ascenso y emplazamiento de magmas, así como para entender la relación temporal entre los emplazamientos y la deformación regional en el NE de México.

**PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DEL INTRUSIVO
CERRO PROVIDENCIA, CINTURÓN CANDELA-
MONCLOVA, PROVINCIA ALCALINA ORIENTAL
MEXICANA**

Valdez-Reyes, M.A.¹, Chávez-Cabello, G.^{1,2}, Morton-Bermea, O.³, Porras-Vazquez, M.A.¹, Cano-González, A.¹, Tovar-Cortès, J.A.¹ y Terrazas-Calderón, G.D.¹

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

Apdo. Postal #104, Linares, NL., 67700, México

² Unidad de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM

Apdo. Postal #1-742, Santiago de Querétaro, Qro., 76001, México

³ Instituto de Geofísica, UNAM, México

El Cerro Providencia pertenece al conjunto de trece intrusivos alineados E-W que componen al Cinturón Candela-Monclova (CCM). El CCM se localiza dentro de la Provincia Alcalina Oriental Mexicana (PAOM) y varía en edades que van desde 43 a 35 Ma. Dentro de la PAOM se han encontrado magmas con firmas geoquímicas diferentes, por un lado se presenta un tipo de magmatismo asociado a subducción y por el otro se presenta un magmatismo con firma de extensión, este último más joven. Sin embargo, son pocas las áreas donde se ha determinado la coexistencia de rocas con diferente fuente magmática, este es el caso de la Sierra de San Carlos y la Sierra de Tamaulipas. En el CCM se realizó un trabajo que señala la presencia de magmas relacionados a procesos de subducción, pero es necesario realizar más trabajos que definan si ésta misma fuente corresponde para todo el CCM. Con el objetivo de cumplir lo anterior, en el intrusivo del Cerro Providencia se realizó una cartografía geológica, muestreo petrográfico y geoquímico, para definir las variaciones composicionales presentes así como la estructura del cuerpo intrusivo. La clasificación petrográfica de las muestras indica la presencia de monzonitas que intrusionan principalmente a la Formación Aurora, Kiamichi y al Grupo Washita, rocas del Cretácico medio al superior. Los resultados de la geoquímica se compararon con los de un estudio reciente observándose variaciones menores. El presente trabajo forma parte de un estudio regional, que tiene como meta el determinar las fuentes magmáticas presentes en el CCM y su relación temporal con respecto a la deformación regional.

**TÉCNICAS DE MUESTREO Y PREPARACIÓN DE
MUESTRAS PARA ESTUDIOS DE GEOQUÍMICA Y
GEOCRONOLOGÍA. (LABORATORIO DE
SEPARACIÓN DE MINERALES Y TALLER DE
MOLIENDA DEL LUGIS.)**

Teodoro Hernández T., Consuelo Macías R., Gabriela Solís P.,
Juan Julio Morales C. y María del Sol Hernández B.
Instituto de Geofísica, UNAM

El presente trabajo tiene como objetivo principal dar a conocer las técnicas y procedimientos de preparación de muestras para geoquímica isotópica y geocronología utilizados en el LUGIS, así como los equipos que componen el Taller de Molienda de muestras y el Laboratorio de Separación de Minerales.

Las actividades primarias para la preparación de una muestra comienzan desde el muestreo en campo. Se toman en cuenta criterios ideales que nos permiten coleccionar las muestras adecuadamente sin riesgo de que la muestra no sirva, ya sea por estar alterada o por no tener el volumen adecuado, además de que sea representativa para un análisis geoquímico. El siguiente paso es saber qué análisis geoquímico o método geocronológico se le va a realizar a la muestra coleccionada, ya que de acuerdo a esto será el tipo de equipo que se utiliza para triturar la muestra con el fin de evitar contaminación secundaria, producto del desgaste de las máquinas.

Para hacer concentrados de minerales índice, se requiere de un volumen de roca adecuado, que nos permita obtener los gramos o miligramos deseados. En dicho caso, se requiere de un tratamiento correcto en la trituración para no romper los cristales, por lo que también se utilizan equipos de quebrado adecuados. Otro aspecto relevante son los criterios de limpieza y de contaminación de los equipos durante el proceso de triturado, alicuotizado y separado de minerales, evitando así presencia de contaminantes de las muestras anteriores.

Por último es importante saber los criterios de la homogeneización y alicuotizado de las muestras con el fin de obtener muestras representativas de los macizos rocosos en estudio.

En el LUGIS se aplican técnicas para la preparación mecánica de muestras. Los criterios sobre las diferentes técnicas se han enriquecido por varios investigadores y técnicos que han aportado sus experiencias, con el fin de conformar los Talleres de Molienda y el Laboratorio de Separación de Minerales con equipos adecuados. Actualmente se cuenta con las instalaciones más completas en su género en México.

Reunión Anual 2001

Sesión

Micrometeorología de Pequeña y Gran Escala

Lunes 5

SALA A

MICRO-01

SOBRE LA INTERDEPENDENCIA DE LA RADIACIÓN GLOBAL, LA RADIACIÓN NETA Y LA TEMPERATURA

Irving Rafael Méndez Pérez y Adalberto Tejeda Martínez
Licenciatura en Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana
E-mail: imendez@scooby.fiemca.uv.mx

Se muestran modelos de la radiación neta en función de la temperatura y la radiación global, para las inmediaciones de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde (19.73°N y 96.40°W), Palacio de Minería, D.F. (19°26'N y 99°08'W), Prepa 7, D.F. (19°24.5'N y 99°7.5'W) y Plan Texcoco, Edo. de Méx. (19°27'N y 99°00'W). Debido a que la radiación neta es diferente durante bajo cielos despejados o lluviosos, se obtuvieron modelos para días con y sin lluvia (periodo total) y sin lluvia, tanto en periodos diurnos como nocturnos. Los modelos encontrados de la radiación neta en función de la temperatura no fueron buenos ya que en ambos casos se encontró un muy bajo coeficiente de determinación (r^2), del orden de 0.004 al 0.37.

Al realizar los gráficos de regresiones lineales se encontró que la radiación neta tiene un desfase de dos a tres horas respecto de la temperatura, dependiendo al uso de suelo que rodea a cada estación. Una alternativa para no incluir el desfase es aplicar un método basado en la descomposición de series de Fourier.

Al graficar la radiación neta en función de la radiación global (diurna) se puede estimar el albedo promedio de la superficie combinando un principio físico y un modelo estadístico, con la condición de que la correlación entre la radiación neta y la global sea 0.90. Para estos sitios se encontró que el albedo varía de 0.20 en febrero en Laguna Verde a 0.44 en diciembre en Prepa 7.

MICRO-02

CONVECCIÓN EN LA BAJA ATMÓSFERA SOBRE LAGUNA VERDE (MÉXICO)

Víctor M. Mendoza Carrillo¹, Alberto Utrera Zárate² y Adalberto Tejeda Martínez²

¹ Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana
E-mail: vmendoza@scooby.fiemca.uv.mx

² Licenciatura en Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana

Con el propósito de determinar las contribuciones de la convección libre y la convección forzada en la dispersión de contaminantes en Laguna Verde, se utilizaron y analizaron los datos meteorológicos y micro-meteorológicos obtenidos en dos campañas de medición realizadas en las inmediaciones de la Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde (CNLV). La primera campaña se llevó a cabo del 26 al 31 de mayo de 1997, y la segunda del 23 al 31 de marzo de 1998. Ambas constaron de lanzamientos de globos sonda, y mediciones con anemómetro sónico. Sólo para la primera campaña se utilizó un sistema de la Razón de Bowen, además de unas placas para medir el calor almacenado en el suelo, y un radiómetro neto. La evaluación de las contribuciones de la convección libre y forzada a la convección total en Laguna Verde se realizaron por dos métodos: balance energético y el perfil logarítmico del viento.

Al aplicar el método del balance de energía se encontró que, la convección forzada representa el 89.4% respecto a la contribución de la convección en los procesos de difusión atmosférica vertical en Laguna Verde. En cambio, con el método del perfil del viento, la convección forzada representa el 82% en comparación de la convección libre.

Esta ponencia incluye, además, al análisis de datos de un sodar (marca Remtech, modelo PA2, de origen francés) que permite comparar el viento horizontal y las categorías de estabilidad medidos en una torre meteorológica a dos niveles de altura (10 y 60m). Los datos utilizados para esta comparación fueron observados simultáneamente por el sodar y la torre, durante una semana de prueba del sodar (21 al 30 de octubre del 2K); los datos de estabilidad de la torre se obtuvieron indirectamente por principios termodinámicos. Por otra parte se analizaron los perfiles del viento horizontal (dirección y rapidez) y vertical, del gradiente de temperatura y de las categorías de estabilidad.

MICRO-03

MEASURING THE DISTRIBUTION OF SURFACE ENERGY AND WATER FLUXES IN A RIPARIAN MESQUITE SAVANNAH

Russell L. Scott¹, Christopher Watts², Jaime Garatuza³, Eric Edwards⁴, Julio Rodríguez², David Goodrich¹ and David Williams⁴

¹ Agricultural Research Service, USDA

² IMADES

³ ITSON

⁴ University of Arizona

Eddy flux studies have traditionally focused on total ecosystem exchanges of energy and water by making measurements in the well-mixed surface layer. This approach does not give information about the partitioning of the total ecosystem fluxes between overstory and understory sources and sinks. In the more open canopy environment of a savannah, information about this partitioning of fluxes is often required in order to understand the relative importance and functioning of key ecosystem components. In this paper, we present results from a series of multinational experiments carried out in a riparian mesquite (*Prosopis velutina*) savannah located along the San Pedro River of northern Sonora, México and southern Arizona, USA. Three eddy covariance systems were deployed to measure energy and water fluxes. One was installed on a tower at a height of 14 m and measures fluxes from the whole ecosystem. The other two were installed at a height of 2 m, one in a relatively closed understory patch and the other in a more open understory patch, during periods before and after the onset of the monsoon in summer 2001.

Our results highlight the fact that the mesquite had access to groundwater (at a depth of 10 m), and thus they had a water use that was relatively insensitive to local precipitation. In contrast, the contribution of the understory to the total ecosystem fluxes was highly variable due to the presence or absence of precipitation.

MICRO-04

EL EFECTO DE LA NUBOSIDAD EN EL USO DEL AGUA DE UN BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO

Victor L. Barradas
Instituto de Ecología, UNAM

En esta investigación se estudiaron las respuestas de la asimilación de CO₂ (ACO₂) y de la evapotranspiración (ETP) a cambios de radiación neta (QN), producidos por la nubosidad en una comunidad de bosque tropical caducifolio en la costa del estado de Jalisco, México. Las mediciones de ACO₂ y ETP se realizaron con un sistema de medición constituido por un anemómetro helicoidal vertical (RM Young, Traverse City, Michigan), y un analizador de gases CO₂/H₂O (LI-6262, LI-COR, Lincoln, Nebraska) y utilizando el método de correlación turbulenta (eddy correlations). QN se midió con un radiómetro neto (QBS Rbs, Campbell Scientific, Logan, Utah). Adicionalmente, se midió el potencial hídrico (ψ) de especies arbóreas elegidas al azar en al menos un kilómetro a barlovento del sitio donde se instalaron los sensores. Se encontró que ACO₂ fue mayor (20 g m⁻² d⁻¹) durante los días con mayor fluctuación en la nubosidad (mayor fluctuación en QN) que en días despejados (ACO₂ de 10 a 15 g m⁻² d⁻¹), mientras que ETP fue de hasta 5.0 kg m⁻² d⁻¹ en días despejados antecendidos por días con lluvias mayores de 10 mm en la época húmeda. En días secos antecendidos con escasa o nula precipitación, ETP llegó a ser de 1.0 a 0.1 kg m⁻² d⁻¹ dependiendo del tiempo de la última lluvia mayor de 5 mm. La eficiencia del uso del agua (EUA) dada como el cociente ACO₂/H₂O, mostró un incremento conforme avanzaba la sequía de hasta 20 g CO₂/kg H₂O. Sin embargo, EUA mostró valores intermedios en la época húmeda durante días con mayor fluctuación de QN y valores bajos ($\approx$ 2 g CO₂/kg H₂O) durante días despejados. Los valores medidos de ψ indicaron un mayor estrés hídrico durante días despejados y no antecendidos por días con precipitación (-1.5 MPa) que durante días nublados con alta fluctuación de QN (-0.5 MPa) y antecendidos con días con precipitación mayor a 5 mm, en la época húmeda. Es evidente que la fluctuación de QN producida por la nubosidad reduce el estrés hídrico de las plantas generando una mayor asimilación de CO₂ por el sistema debido a que el control estomático de las plantas lo permite, pero generando con ello una mayor pérdida de agua, con lo que la eficiencia del uso del agua es baja. Lo contrario sucede durante días despejados principalmente en la época seca: el estrés hídrico es alto por lo que el control estomático presentado para reducir ETP en la pérdida de agua es más eficiente, generando con ello una menor ACO₂ pero también una menor ETP y con ello una mayor eficiencia en el uso del agua. El intercambio gaseoso y el uso del agua en un bosque tropical caducifolio son gobernados por factores físicos y fisiológicos como la carga radiativa y la disponibilidad de agua así como el control estomático presentado por el estrés hídrico inducido por la pérdida del agua. Esta investigación se realizó con apoyo del CONACYT con el proyecto No. 1067P-N.

MICRO-05

UN SENCILLO MÉTODO PARA ESTIMAR LAS PÉRDIDAS DE AGUA POR TRANSPIRACIÓN EN HUMEDALES

Salvador Sánchez Carrillo
Instituto Tecnológico de Sonora, DIEP
5 de Febrero #818 Sur, Cd. Obregón, Son., 85000, México

La transpiración se considera como la principal vía de pérdidas de agua en los humedales. Para realizar una gestión óptima de los recursos hídricos de estos ecosistemas se precisan determinar estas pérdidas de un modo fiable. Sin embargo, aún no existe una metodología generalizada que permita estimaciones fiables sin una excesiva complejidad operativa. En este trabajo se presenta un novedoso y sencillo método para estimar la transpiración en tres especies de macrófitos acuáticos emergentes (*Phragmites australis*, *Cladium mariscus* y *Typha domingensis*) usando un porímetro portátil de estado estacionario. El método se estableció en función de las relaciones entre la transpiración, la radiación solar, la humedad relativa y la temperatura del aire. La tasa de transpiración puede ser estimada mediante la relación entre todas las variables en regresiones lineales diferenciadas en tramos por medio de puntos de ruptura (piecewise linear regressions with breakpoint). Las ecuaciones de regresión son calculadas por medio de observaciones directas, incluyendo promedios diarios de las variables climáticas. Otros datos usados en el modelo son densidad foliar por unidad de superficie y cobertura anual de los macrófitos. Los resultados obtenidos con este método en comparación con la literatura confirman la importancia de la transpiración en el balance hídrico de los ecosistemas acuáticos. La ventaja de este método reside en la posibilidad de determinar la variabilidad fisiológica de la transpiración en relación con las variables climáticas determinadas in situ. Así, es posible obtener una buena aproximación del proceso que se desarrolla en la naturaleza. Dado que la información requerida en el método es fácilmente obtenible y que proporciona buenas estimaciones de la transpiración de los macrófitos emergentes, el método sirve como una valiosa herramienta para la gestión hidrológica de los humedales.

MICRO-06

POTENTIAL AND LIMITATIONS OF USING THE LARGE APERTURE SCINTILLOMETER TO ESTIMATE AREA-AVERAGED SURFACE FLUXES OVER CONTRASTED AGRICULTURAL FIELDS

C. Watts, A. Chehbouni, J. Garatuza, and J. Shieldge
IMADES

Reyes y Aguascalientes, Hermosillo, Son., 83190, México

The use of scintillometers to derive spatial averages of sensible heat flux from measurement of the structure parameter of the refraction index shows great promise for several earth science related disciplines, i.e., meteorology, hydrology, agronomy etc. Additionally, the scintillometer provides access to the flux at spatial scales compatible with those of remote sensing satellites (several kilometers). In this study, an experimental setup has been designed to investigate the effectiveness of the large aperture scintillometer (LAS) to obtain area-averaged sensible and latent heat flux along a transect of about 1.8 km made up of three contrasting agricultural fields: cotton, wheat and chickpeas. The comparison against

reference area-averaged fluxes obtained from eddy correlation systems shows that the LAS based heat fluxes are overestimated by about 15%. Several reasons are proposed in an attempt to explain such behaviour: a) The LAS measurement was made below the blending height which may violate the requirement for the applicability of Monin-Obukhov Similarity Theory (MOST); b) the division and the contrast between the fields may provide sources of additional turbulence; c) the eddy correlation underestimates sensible and latent heat fluxes since their sum is smaller than the observed available energy and the energy balance did not close. This later explanation is supported by the fact that the correspondence between measured and simulated heat flux improved when the measured fluxes were adjusted to force the closure of the energy balance.

MICRO-07

EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DE FLUJO DE CALOR SENSIBLE Y SU EFECTO EN LA DETERMINACIÓN DE EVAPOTRANSPIRACIÓN CON EL BALANCE DE ENERGÍA

Jaime Garatuza Payan y Christopher Watts
Instituto Tecnológico de Sonora

Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo del Estado de Sonora

Durante el ciclo otoño-invierno 1999-2000 se realizaron mediciones de los flujos de calor y vapor sobre una parcela grande de trigo en un sitio del Distrito de Riego del Valle del Yaqui. Se utilizaron tres diferentes y novedosas metodologías para medir el flujo de calor sensible (H): correlación turbulenta con un anemómetro sónico, mediciones ópticas de cintilación con un cintilómetro de apertura grande (LAS) e indirectamente con las propiedades estadísticas de la turbulencia atmosférica. El método de correlación turbulenta se apoya en mediciones de los componentes fluctuantes del viento en la región de flujos constantes de la capa límite superficial y su asociada fluctuación de la temperatura; el cintilómetro proporciona mediciones del parámetro de estructura del índice de refracción, el cual es usado para obtener el parámetro de estructura de la temperatura y el flujo de calor sensible; las estadísticas de turbulencia (σ_T) utiliza la desviación estándar de la temperatura del aire para calcular el flujo de calor sensible. La evapotranspiración se determinó, con cada uno de estos métodos, por medio del balance de energía y se comparó con mediciones de correlación turbulenta realizadas con un higrómetro de kriptón y el anemómetro sónico.

Los resultados muestran que El flujo de calor sensible calculado con el LAS sobre-estima el valor medido con correlación turbulenta, especialmente cuando H es grande, es decir, en condiciones secas. Bajo condiciones de riego, es decir, a bajos valores de H, el valor obtenido del LAS está en conformidad con el de correlación turbulenta. El flujo de calor latente (LE) del LAS, calculado como el cierre del balance de energía, muestra una gran sobre-estimación comparado a la medición con la correlación turbulenta. Esto podría ser provocado por el hecho de que el balance de energía no cierra con las mediciones de correlación turbulenta.

Las mediciones de flujo de calor sensible y las estimaciones de velocidad de fricción se correlacionan bien con las variaciones de radiación neta y velocidad del viento, respectivamente.

MICRO-08

INFLUENCIA DEL USO DEL SUELO EN EL BALANCE ENERGÉTICO ATMOSFÉRICO (PROPUESTA METODOLÓGICA)

Ernesto Jáuregui, Elda Luyando, Adalberto Tejeda y María del Carmen Moreno

Sección de Clima Urbano, Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM

Sección de Clima Urbano, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Carrera de Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana
Xalapa, Ver., México

Depto. de Geografía Física, Universidad de Barcelona

Las mediciones de balance energético atmosférico sobre superficies no homogéneas, plantean la necesidad de caracterizar y definir las áreas de influencia de cada uno de los sensores. Particularmente debe ponerse interés en las discrepancias entre los sensores visuales (radiómetros) y los instrumentos que miden flujos advectivos o convectivos (anemómetro sónico, termopares, higrómetro de Kriptón, p.e.).

El presente trabajo intenta discutir preguntas prácticas y conceptuales sobre las medidas de flujos de energía en superficies heterogéneas complejas y como se relacionan con la selección de los sitios de medición e instrumentos a utilizar. Con el fin de obtener estimaciones aceptables de los flujos turbulentos que representen el área de interés. Los instrumentos de análisis usados para evaluar la importancia de la escala espacial de una medida son los modelos de huella fuente (source-footprints) y de área fuente (source-area), para medidas de flujos escalares. Como resultado de una colaboración entre la Facultad de Geografía de la UB, el Centro de Ciencias de la Atmósfera (UNAM) y la Universidad Veracruzana, en esta ponencia se presenta una propuesta metodológica para analizar las áreas fuente, para el caso de mediciones de balance energético realizadas en Barcelona del 15 al 22 de junio del 2001. Se trata de una adaptación del modelo SAM (Source Area Model) (www.indiana.edu/~climate/SAM/model/) de la Universidad de Indiana en Bloomington, que funciona como un modelo de difusión gaussiano pero en sentido inverso. Se discuten las ventajas, desventajas y dificultades de este modelo y se mostrarán resultados preliminares. Además se muestra el trabajo realizado para caracterizar el uso del suelo de la ciudad de Barcelona en sectores de viento dominante a lo largo del día y la noche en ausencia de fenómenos meteorológicos sinópticos, ya que esto es crucial para la interpretación de los resultados del modelo.

MICRO-09

LA RADIACIÓN SOLAR Y LA RADIACIÓN NETA EN MEXICALI, B.C., PROPIEDADES RADIATIVAS

Rafael Garcia Cueto¹ y Adalberto Tejeda Martinez²

¹ Instituto de Ingeniería, UABC

² Facultad de Instrumentación Electrónica, Universidad Veracruzana

La información de radiación solar global y de radiación neta es primordial para muchos campos de aplicación, tal como en meteorología agrícola, hidrología, y arquitectura, entre otros; también en el cálculo de balance de energía para cualesquier superficie natural, tal como vegetación, suelo o edificios. Por otro

lado, estos datos son de gran importancia cuando se considera el tamaño, costo y viabilidad económica de sistemas fotovoltaicos, ya sea con almacenamiento o sin él.

Cuando la radiación solar pasa a través de la atmósfera sufre varios procesos. Parte se refleja nuevamente al espacio, principalmente por nubes y una cantidad más pequeña se absorbe y dispersa por varios componentes atmosféricos. El resto alcanza el suelo.

Ya en la superficie del suelo, parte de la radiación solar global entrante es reflejada a la atmósfera y el resto es absorbido por la superficie, causando un incremento en la temperatura superficial. La diferencia entre la radiación solar entrante y la reflejada es llamada la radiación solar neta de onda corta.

La radiación terrestre frecuentemente es referida como radiación de onda larga; esta radiación es continuamente emitida (día y noche) por la superficie del suelo y superficie vegetativa. Ya que la temperatura superficial es más alta durante el día, la radiación saliente durante ese lapso, desde la superficie, es normalmente más alta que en la noche. La diferencia entre la radiación entrante de onda larga desde la atmósfera al suelo y la saliente desde la tierra a la atmósfera se le llama radiación neta de onda larga.

Desde los de puntos de vista micrometeorológico y energético, la cantidad realmente importante es la cantidad neta de energía radiante recibida por una superficie horizontal y combinada en todas las longitudes de onda.

Dada la importancia de estas mediciones, al sureste de la ciudad de Mexicali, B.C., se han realizado mediciones, tanto de radiación solar global, como de radiación neta, por lo que, mediante algunas relaciones sencillas se han estimado propiedades radiativas de la superficie, y usando un esquema estadístico sencillo, ha sido posible usar a la radiación solar global para predicción de la radiación neta durante el período diurno encontrándose muy buena bondad de ajuste.

MICRO-10

BALANCE ENERGÉTICO ATMOSFÉRICO EN BARCELONA: RESULTADOS PRELIMINARES

Ernesto Jáuregui, Adalberto Tejeda, Luis Gustavo García,
Víctor Zarraluqui y María del Carmen Moreno
Sección de Clima Urbano, Centro de Ciencias de la Atmósfera,
UNAM
Carrera de Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana
Xalapa, Ver., México
DEPFI, UNAM
Depto. de Posgrado, Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería Ambiental, Campus Morelos
Laboratorio de Instrumentación Meteorológica, Centro de
Ciencias de la Atmósfera, UNAM
Depto. de Geografía Física, Universidad de Barcelona

Como resultado de una colaboración entre la Facultad de Geografía de la Universidad de Barcelona, el Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM y la Facultad de Meteorología de la Universidad Veracruzana, se realizaron mediciones de balance energético atmosférico en el centro del área urbana (El Ensanche) de Barcelona, España, del 15 al 22 de junio del 2001. Se instaló una torre de 9 m de altura sobre el piso del torreón del edificio de la

Universidad de Barcelona (Gran Vía 585), a una altura de 35 m sobre el nivel de la calle. Los instrumentos utilizados fueron: un anemómetro RM Young, para medir la velocidad y rapidez del viento horizontal; veleta RM Young para la dirección del viento; piranómetro Licor para medir la radiación global (Q_g); radiómetro neto Campbell que mide la radiación neta (Q^*); anemómetro sónico Campbell que mide el flujo vertical de calor sensible (Q_h); higrómetro de Kriptón Campbell que mide el flujo vertical de calor latente (Q_e); termómetro Vaissala que mide la temperatura ambiente (T); higrómetro Vaissala para medir la humedad relativa ($H.R$) por último un anemómetro sónico que registra la velocidad del viento en la vertical (W). Durante dicha semana prevaleció tiempo en calma y cielos despejados, con 633 W/m^2 de radiación neta al medio día en promedio, y sólo se presentó un frente frío que cruzó por la ciudad el día 17 después del mediodía.

El sitio (el edificio antiguo de la UB) se encuentra a unos 2 km distante de la costa por lo que la brisa (del S y SE) predominó después del mediodía durante la campaña.

La repartición de la energía solar neta incidente en una ciudad entre los tres flujos de calor (sensible, latente y de almacenamiento) controlan el clima local. En general la textura del tejido urbano (calles y construcciones) induce un mayor flujo de calor (Q_h), menor Q_e y una alta proporción de calor almacenado (DQ_s).

Los resultados preliminares indican un predominio del calor almacenado en el suelo (67 % de la radiación neta en promedio) como resultado del carácter masivo del edificio de la universidad y su entorno. Por otro lado el calor sensible turbulento (30%), resultó relativamente elevado en comparación con el calor latente de evaporación (3%) como era de esperarse ya que existen pocas áreas verdes en la vecindad del sitio. Además, una correlación alta (0.9932) entre la radiación global y la radiación neta, permitieron hacer una estimación promedio del albedo alrededor del sitio de medición de (28%) y 44.1 W/m^2 de emisión de radiación de onda larga.

Estos resultados son comparables (con algunos matices) con lo encontrado en mediciones de balance energético realizadas en el centro antiguo de la ciudad de México, caracterizada por escasas de áreas verdes. En ambas ciudades una gran proporción de la energía solar neta se utiliza para su almacenamiento en construcciones pesadas antiguas.

MICRO-11

BALANCE ENERGÉTICO-ATMOSFÉRICO EN MEXICALI, B.C. Y SUS ALREDEDORES

Rafael Garcia Cueto¹ y Adalberto Tejeda Martinez²
¹ Instituto de Ingeniería, UABC
² Facultad de Instrumentación Electrónica, Universidad Veracruzana

Para entender completamente los procesos físicos que ocurren en áreas urbanas es importante tener medidas directas de flujos energéticos. Estudios acerca de la calidad del aire, dispersión de contaminantes, y de modelos dinámicos de la estructura media y turbulenta de la capa de mezcla, requieren información de los flujos de balance de energía superficial de calor sensible, calor latente y calor subsuperficial. La capa de mezcla, de características sumamente turbulentas, sufre una modificación significativa cuando el aire se mueve a través del área urbana debido al acoplamiento

entre la turbulencia, la energía superficial y los flujos de momentum, razón por la que es necesario obtener información de la distribución temporal y espacial de parámetros de turbulencia y flujos en un área urbana.

Así, para poder contar con esa información se realizaron mediciones de flujos energéticos, durante el período de febrero a abril de 2001, en tres lugares: 1) zona urbana de Mexicali, B.C.; 2) zona rural (al sureste de la zona urbana), pero con modificación sustancial de las condiciones nativas superficiales; y 3) zona rural (al oriente de la zona urbana), que refleja el ambiente semidesértico de la región.

Las mediciones realizaron con un equipo de Correlación Turbulenta (en 1 y 3), Razón de Bowen (en 2), Placas de Flujo de Calor del Suelo (en 2 y 3) y Radiómetro Neto (en 1, 2 y 3). Todo el equipo se conectó a Sistemas de Adquisición de Datos (Micrologger CR23X, de la Campbell Sci.), que se programaron para tener mediciones cada media hora.

Los principales resultados obtenidos se presentan en este trabajo, tales como la evolución horaria del flujo de calor sensible, de calor latente, de radiación neta y de flujo de calor del suelo; también se presenta la evolución horaria de la velocidad de fricción, el flujo de momentum, y otras variables relacionadas.

MICRO-12

CHANGES IN TEMPERATURE AND PRECIPITATION REGIME OF MOSCOW DURING THE LAST DECADES

K.G. Rubinstein¹, A.S.Ginzburg², and A.M. Kotilevskaja³

¹ Hydrometeorological Center of Russia

² Institute of Atmosphere Physics of RAS

³ Hydrometburo of Moscow

E-mail: rubin@mecom.ru

It is well known that large cities transform air masses passing over them changing the temperature, chemical composition and optical properties of the air masses

Moscow is one of more intensively developing megapolises of Europe. The report is a first step in the study of thermal trends of the climate of Moscow agglomeration utilizing the analysis of the data set, which the authors have at their disposal. Trends of temperature and precipitation variations over meteorological observing stations located within Moscow are analyzed.

To avoid the effects of systematical errors, only Moscow region stations having 8-term observations were used. To reduce a dependence on random errors at the present stage of investigation only monthly and seasonal mean values, in averaging only stations having not less than 80% data over season were included.

In the first place it should be noted that the temporal course of temperature and precipitation at all stations is almost similar, even though it has a regular shift. This suggests that, on the one hand, the obtained trends are reliable, and on the other hand, this indicates that there is a regular difference in thermal and precipitation regimes of agglomeration districts.

The trends given indicate that at all stations a decrease of summer temperatures and precipitation and an increase of winter temperatures occur. If the decrease of summer temperatures is almost similar at different stations, the increase of winter temperatures goes on with different rates and is more intensive than the decrease of summer temperatures. Through the whole period of analysis general signs of trends were constant, but their deviations, particularly, in the winter season changed. In this work the tendencies of variation in summer and winter temperature and precipitation regimes of Moscow are considered.

The performed analysis of the temperature and precipitation for the 60-year period over a number of Moscow stations gives additional amount of quantities estimates of linear trends.

Further, we study the connection between the urban climate changes and the anthropogenic forcing caused by the city, and how the regional features of global climate effect the urban climate changes.

MICRO-13

CURVAS DE INTENSIDAD-DURACIÓN-PROBABILIDAD PARA LA CIUDAD DE XALAPA, VERACRUZ, APLICABLES AL DISEÑO HIDRÁULICO URBANO

Domitilo Pereyra Díaz, Leonorilda Gómez Romero, Karina I.

Moctezuma Garduza y Jesús Darío Paniagua Quiroga.

Facultad de Instrumentación Electrónica, Carrera de Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana

En este estudio se da a conocer la ecuación que describe las curvas de intensidad-duración-probabilidad para la ciudad de Xalapa, Veracruz. Para desarrollar este trabajo se utilizaron los registros de precipitación de una estación climatológica automática, marca Davis, durante el período junio 7 de 1999 a junio 4 de 2001. La estación climatológica se programó para que registrara la precipitación cada 10 minutos. Durante el período de estudio se seleccionaron las 30 tormentas más intensas. Los registros de precipitación de las tormentas se agruparon en intervalos continuos de 10, 20 y 30 minutos, posteriormente se seleccionaron las precipitaciones más intensas de esos intervalos. El análisis anterior generó 36 eventos, que incluyó 12 de 10 minutos, 12 de 20 minutos y 12 de 30 minutos. Las precipitaciones de cada intervalo se convirtieron a intensidad de precipitación (mm/hora). Los valores anteriores se ajustaron a una función matemática de tipo hiperbólico, que indica que a menor duración mayor intensidad de precipitación y viceversa. El ajuste se realizó utilizando el paquete estadístico Statistica V.6.0. La ecuación resultante fue la siguiente:

donde i es la intensidad de precipitación en mm/hora, p es la probabilidad de ocurrencia y d es la duración de la tormenta en minutos. Esta ecuación que relaciona la intensidad de la precipitación de la ciudad de Xalapa, Veracruz, con la duración de la tormenta y la probabilidad de ocurrencia, puede ser de gran ayuda a futuro para el diseño hidráulico y planeación del crecimiento urbano de la ciudad, ya que es una herramienta que permite calcular el gasto máximo que genera una tormenta en una cuenca pequeña. Estudios como estos, son recomendables realizar para otras

ciudades que son factibles de inundación, por lluvias intensas y de corta duración, las cuales originan grandes escurrimientos debido a que la capacidad de absorción del suelo con cobertura vegetal y el pavimento es menor a la intensidad de la lluvia, así como a la capacidad de las alcantarillas, que por lo general se encuentran azolvadas.

MICRO-14

ESTUDIO Y CARACTERIZACION DEL MOVIMIENTO EN MASA DE SAN MIGUEL DEL MONTE, MICHOACAN, MEXICO

Víctor Manuel Hernández Madrigal y Víctor Hugo Garduño
Monroy

Depto. de Geología y Mineralogía, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH
Morelia, Mich., México

El movimiento en masa de San Miguel del Monte, se desarrolla dentro de un área inestable de 67,593.43 m² (6.76 Ha), que se localiza a 500 metros del costado sur de la iglesia de San Miguel del Monte, municipio de Morelia, Michoacán. Este movimiento se encuentra constituido por un conjunto de deslizamientos traslacionales, rotacionales, desprendimientos, volteamientos y hasta coladas o flujos de tierra y detritos; que ponen en movimiento a mas de 399,957 m³ de materiales arcillosos mezclados con bloques, detritos y arenas de origen ignimbrítico.

La existencia de estratos arcillosos de considerable espesor, ha influido de manera sustancial en el origen y desarrollo del movimiento, de tal suerte que para lograr una mejor descripción del mismo, se han estudiado y caracterizado estos materiales arcillosos, identificando principalmente su composición mineral y sus propiedades mecánicas, especialmente las relativas a la resistencia al esfuerzo cortante.

La caracterización final del movimiento en masa de San Miguel del Monte se realizó a través de la combinación de técnicas relativas a la geografía, geología, geofísica, geotecnia y mineralogía; lo cual permitió una descripción del fenómeno mucho mas completa y real, estableciéndose de esta forma una metodología para el estudio de los movimientos en masa.

MICRO-15

EL MODELO DE REGRESIÓN WEIBULL INCLUYENDO VARIABLES METEOROLÓGICAS COMO COVARIABLES EN EL ANÁLISIS DE LOS CONTAMINANTES CORROSIVOS REGISTRADOS EN DOS CIUDADES DEL GOLFO DE MÉXICO

Miguel Ángel Natividad Baizabal¹, Rubén Sánchez Gómez² y Humberto Vaquera Huerta³

¹ Universidad Veracruzana
e-mail: navidad@dino.uv.mx

² Universidad de Guadalajara

³ Colegio de Postgraduados

En este trabajo se presenta un análisis de los contaminantes corrosivos y las variables meteorológicas de las ciudades de Veracruz, Ver. y en Campeche, Camp. durante los años 1994 al 1997, suponiendo que la deposición de los contaminantes se ajustan al modelo Weibull, se propone un modelo Estadístico de Regresión Weibull con una función de liga logarítmica en el parámetro de escala, de la forma

$$\log(\beta) = \theta_1 v_{vdom} + \theta_2 hr + \theta_3 th + \theta_4 tm + \theta_5 vv + \theta_6 hinsol + \theta_7 prec + \theta_8 evap$$

para describir la variación sistemática de la deposición de los contaminantes corrosivos en términos de algunas variables meteorológicas (v_{vdom}=velocidad del viento dominante, hr=humedad relativa, th=tiempo de humectación, tm=temperatura media, vv=velocidad del viento, hinsol=insolación, pret=precipitación, evap=evaporación).

MICRO-16

EL MODELO DE REGRESIÓN PARETO GENERALIZADO ANALIZANDO TENDENCIA EN LAS CONCENTRACIONES DE OZONO URBANO QUE EXCEDEN LA NORMA DE 110 PPB REGISTRADOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE GUADALAJARA, JAL.

Rubén Sánchez Gómez¹, Miguel Angel Natividad Baizabal² y Humberto Vaquera Huerta³

¹ Universidad de Guadalajara

E-mail: rubensg@udgserv.cencar.udg.mx

² Universidad Veracruzana

³ Colegio de Postgraduados

Se presenta una extensión del trabajo sometido en la reunión de la UGM de 1999 en el cual se muestran los resultados del análisis de datos de ozono registrados en la red automática de monitoreo ambiental instalada en la Zona Metropolitana de la ciudad de Guadalajara (ZMG), del Estado de Jalisco.

La serie de datos se ha actualizado hasta el 30 de abril del 2000 ampliando este estudio a las ocho estaciones de monitoreo ambiental disponibles en la ZMG.

Se asume que los datos disponibles se ajustan al modelo Pareto Generalizado con parámetro de forma k , parámetro de escala σ y suponiendo una función de liga logarítmica en σ , se incorpora el tiempo como covariable en el modelo propuesto.

Reunión Anual 2001

Sesión

Nivel del Mar en México: Monitoreo y Aplicaciones

Jueves 8

SALA A

MAR-01

A STATUS REPORT ON THE GLOBAL SEA LEVEL NETWORK

Mark Merrifield
University of Hawaii

Coastal tide gauges provide some of the longest continuous time series available of ocean variability. Tide gauge data have been used in the study of global sea level rise, decadal variability, ENSO, surface and internal tides, geostrophic transports, and more. With the advent of satellite altimetry for monitoring the sea surface, tide gauge networks play an important role in monitoring the stability of altimeter datasets. In this talk, the current status of tide gauge networks will be described, with particular emphasis on international efforts through the Global Sea Level Observing System (GLOSS). Technical and scientific issues regarding the installation and maintenance of stations, the flow of data to distribution centers, and how the data are currently being used will be discussed.

MAR-02

LA RED DE OBSERVACIÓN DEL NIVEL DEL MAR EN AMÉRICA CENTRAL (RONMAC)

Jim Navarro y Alejandro Gutiérrez
Laboratorio de Oceanografía y Manejo Costero, Universidad Nacional, Costa Rica

Se presentará la Red de observación del Nivel del Mar en América Central (RONMAC) con el propósito de establecer una referencia administrativa y operativa con vistas a un futuro sistema unificado de observación de nivel del mar en México. Se discuten los antecedentes institucionales previos a la instalación de RONMAC, sus requisitos operativos, la forma en que el plan general se ha puesto en ejecución, así como la presente estructura operativa, de intercambio de información y sostenibilidad del sistema instalado.

MAR-03

THE TIDE GAUGE NETWORK IN THE UNITED KINGDOM

E.D. Barton
CICESE

The United Kingdom has a long history of tidal observation and theory with some of the longest established tide gauge records available anywhere. The present extensive national network of high-grade installations was put in place after severe coastal flooding resulted from a storm surge in 1953. The Proudman Oceanographic Laboratory has responsibility through the Tide Gauge Inspectorate for maintaining and upgrading the network. Sea level information is telemetered in real time to allow prediction of likely coastal flooding events. The data are utilized further for research into tidal behaviour and changing sea level. The status of the network and recent developments in the organization and methods for data acquisition, control, usage and dissemination are described.

MAR-04

EL SERVICIO MAREOGRÁFICO DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA DE LA UNAM

Osvaldo Sánchez Zamora
Instituto de Geofísica, UNAM

El Servicio Mareográfico del Instituto de Geofísica de la UNAM opera la red nacional de estaciones mareográficas, en donde se registran las variaciones del nivel del mar, temperatura y densidad del agua de mar y temperatura ambiente. En algunas estaciones se han obtenido estos datos desde 1952 hasta el presente. La información que se obtuvo hasta 1990 ha sido publicada en un reporte del Instituto de Geofísica y actualmente se trabaja en colaboración con el CICESE para actualizar la base de datos. El Servicio Mareográfico cuenta actualmente con 15 estaciones distribuidas a lo largo de las costas de México. El equipo que utiliza el Servicio Mareográfico para medir las variaciones del nivel del mar es del tipo de flotador de pozo y la adquisición de datos incluye registros gráficos continuos, datos digitales en medios magnéticos y se tiene un prototipo con transmisión vía satélite; este último desarrollado e implementado en colaboración con el IIMAS de la UNAM. En todos estos años, se ha contado con la colaboración de un gran número de instituciones mexicanas, incluyendo universidades, institutos y centros de investigación, gobierno federal, industria paraestatal y privada; la mayoría usuarios de los datos. La información generada por el Servicio Mareográfico ha sido utilizada en un sinnúmero de investigaciones científicas así como en aplicaciones prácticas de utilidad nacional, tales como la delimitación de la Zona Federal Marítimo Terrestre, el establecimiento de Bancos de Nivel referidos al Nivel Medio del Mar, construcción de obras marítimas y el cálculo de Pronósticos de Mareas.

MAR-05

RED DE MONITOREO DEL NIVEL DEL MAR DE CICESE

Cuauhtémoc Nava Button
CICESE

Desde la creación misma del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C. (CICESE) en el año de 1973, el Laboratorio del Nivel del Mar del Departamento de Oceanografía Física ha operado una red de estaciones mareográficas distribuidas principalmente alrededor de la península de la Baja California. El objetivo de esta red es el obtener un conjunto de datos de nivel del mar científicamente válidos y apropiadamente organizados para integrar y mantener un archivo un banco de datos que pueda ser actualizado continuamente y de fácil acceso. La mayor parte de esta información ya ha sido utilizada tanto por la comunidad científica nacional como extranjera para realizar estudios de las variaciones del nivel del mar y su relación con los diferentes fenómenos oceanográficos y meteorológicos en el Golfo de California y el Océano Pacífico. Adicionalmente, esta información también ha sido utilizada en aplicaciones prácticas como el cálculo de predicciones mareas, establecimientos de bancos de nivel referidos a diferentes planos de mareas (Nivel Medio del Mar, Nivel de Bajamar Media Inferior, etc.), planeación de pesca ribereña, etc. Sin embargo, la recopilación de datos se ha visto mermada sustancialmente desde hace dos años debido a lo obsoleto de los instrumentos de registro mecánico (perforaciones en cintas de

papel) y al deterioro de la infraestructura (muelles) en la que se encuentran instalados los mareógrafos; la mayoría de estos instrumentos ya no funcionan y los muelles están en condiciones deplorables e inservibles como plataformas de observación. Actualmente sólo se mantienen en servicio tres estaciones; dos de ellas con instrumentación moderna de registro electrónico y otra con instrumentos de registro mecánico. Recientemente se han adquirido seis equipos Handar modernos, para reconstruir igual número de estaciones mareográficas, las cuales se espera estén instalándose hacia finales de este año y la primera mitad del próximo. Se pretende que a mediados del 2002 estén operando nuevamente hasta 10 estaciones modernas con registro digital, algunas de ellas con telemetría satelital o telefónica.

MAR-06

RED MAREOGRÁFICA DE LA SECRETARÍA DE MARINA: DESCRIPCIÓN Y PERSPECTIVAS

Rafael A. Ponce Urbina

Subdirección de Cartografía, Secretaría de Marina, México, D.F.

La Red Mareográfica Nacional de la SM-AM, está constituida por 30 estaciones automáticas completamente digitales, 15 en el Litoral del Pacífico, de las que 5 cuentan con telemetría satelital para recibir los datos de mareas en tiempo casi real en el Centro de Control y Procesamiento de Análisis de Datos (CECOPROD), en el edificio sede de la Secretaría de Marina, en la Cd. de México. Asimismo, se cuenta con tres estaciones mecánicas y tres mas en coordinación con NOAA y CICESE. Se tiene contemplado que durante la presente administración sea implementada la transmisión satelital a las 10 estaciones automáticas restantes y aumentar el número de estaciones mareográficas con 20 mas a lo largo del litoral.

MAR-07

MODELACIÓN NUMÉRICA DE LA MAREA EN CUENCAS SEMICERRADAS

Guillermo Gutiérrez de Velasco y Modesto Ortiz Figueroa
CICESE

En los mares marginales y lagunas costeras la marea es producida principalmente por la cooscilación con la marea del océano adyacente. La limitada extensión de estas cuencas determina que la marea producida directamente por la atracción gravitatoria sobre las partículas de agua sea de muy pequeña amplitud comparada con la marea producida por cooscilación. En estos casos la respuesta dinámica a la marea depende principalmente de la topografía de la cuenca y de la amplitud y fase de la componente de marea en la boca de ésta. Este hecho nos permite, mediante un esfuerzo adecuado de modelación numérica, obtener una descripción de la principal componente de la dinámica en una cuenca semicerrada a partir de observaciones hechas en un número limitado de posiciones.

La modelación numérica de la marea es un tema que ha sido estudiado extensamente y representa una herramienta indispensable en un gran número de aplicaciones que comprenden temas como la investigación básica de la dinámica oceánica y la predicción de patrones de circulación y de la elevación del nivel del mar para apoyar actividades como la navegación, la ingeniería costera y la distribución de contaminantes. El grado de complejidad de los

modelos empleados en cuanto a los métodos de integración, la representación de la dinámica y el dominio espacial de integración depende en gran medida de los objetivos a alcanzar.

El objetivo de este trabajo es mostrar algunas aplicaciones en las cuales es posible emplear un modelo relativamente simple en tres casos de estudio: el Golfo de México, la laguna San Ignacio, B.C.S., y la laguna Ojo de Liebre, B.C.S.. Estas aplicaciones incluyen la obtención de mapas cotidales y la predicción de la elevación del nivel del mar y de la velocidad para establecer patrones de circulación, analizar trayectorias de cuerpos a la deriva y analizar corrientes residuales mediante la remoción de la marea en observaciones de perfiladores acústicos de corrientes.

El modelo desarrollado utiliza las ecuaciones lineales de aguas someras con fricción sobre un plano f de rotación, el forzamiento de la marea es introducido a través de la condición de frontera en la boca de la cuenca, donde la superficie oscila con la amplitud y fase de las componentes de la marea en el océano adyacente. El esquema de integración utilizado es de diferencias centrales alternadas en espacio y tiempo (método "Salto de Rana").

Los resultados indican que un modelo con este grado de complejidad reproduce adecuadamente las componentes armónicas de la marea obtenidas a partir de las observaciones disponibles en las tres cuencas estudiadas y permite describir su distribución espacial al interior de éstas. Asimismo es posible reproducir con buena precisión la trayectoria de boyas superficiales de deriva, una vez que se considera el efecto del esfuerzo del viento en la superficie, y reproducir la componente de marea de las observaciones obtenidas mediante perfiladores acústicos de corrientes.

MAR-08

ANOMALÍAS INTERANUALES DE TEMPERATURA SUPERFICIAL Y DE NIVEL DEL MAR EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Miguel F. Lavín, Emilio Palacios y Carlos Cabrera
Depto. de Oceanografía Física, CICESE

Se utilizan imágenes infrarrojas de satélite del Golfo de California, desde enero de 1984 a diciembre de 2000 para describir las anomalías interanuales en la temperatura de la superficie del mar, y datos históricos de la red de mareógrafos de CICESE y UNAM para describir las anomalías en el nivel del mar. Las anomalías positivas más notables son las debidas a El Niño, especialmente el de 1997-1998, con anomalías $>3^{\circ}\text{C}$ con respecto a la climatología estacional. La mayor anomalía negativa ocurrió durante La Niña 1988-1989. Las anomalías de temperatura superficial tienden a ocurrir primero, y a ser más fuertes, en la región inmediatamente al sur de las grandes islas. Esto probablemente es debido a advección del frente térmico que la mezcla por corrientes de marea genera en esa zona. Existen además anomalías que parecen estar conectadas a anomalías del mismo signo en la alberca de Agua Caliente del Pacífico Oriental. Procesos locales también parecen generar anomalías en la temperatura superficial, especialmente en la región norte. Las anomalías más importantes en el nivel del mar en el Golfo de California también son debidas a El Niño/La Niña, así como otras anomalías de origen ecuatorial, pero hay una gran escasez de datos de nivel del mar en los últimos años.

MAR-09

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE TSUNAMIS EN EL LITORAL PACÍFICO COLOMBIANO. PARTE I (REGIÓN DE TUMACO)

A. Quiceno y M. Ortiz
Centro Control Contaminación del Pacífico
Tumaco, Nariño, Colombia
CICESE

Se analiza la vulnerabilidad de la región de Tumaco ante el impacto de tsunamis generados en el litoral Pacífico Colombiano. La altura y extensión horizontal de inundación por tsunamis en Tumaco se evaluó mediante la simulación numérica de propagación de tsunamis generados por eventos sísmicos con características similares al sismo de Colombia del 12 de diciembre de 1979, ubicados en diferentes regiones del litoral bajo condiciones de marea alta y de marea baja. Los resultados de la simulación numérica, y la experiencia de los tsunamis de 1906 y 1979, corroboran la situación de riesgo de la región y la necesidad de emprender acciones de prevención para mitigar los daños materiales y la pérdida de vidas ante la inminente ocurrencia de un próximo tsunami frente a la Bahía de Tumaco. Los resultados de la simulación numérica se validaron con la descripción de los efectos del tsunami de 1979 en Tumaco y con las observaciones de este tsunami en los mareogramas de Buenaventura-Colombia y Esmeraldas-Ecuador.

MAR-10

CONTRIBUCIONES TSUNAMIGÉNICAS, SÍSMICA Y METEOROLÓGICA, EN LOS SEICHES DE MANZANILLO Y CABO SAN LUCAS, EL 14 DE SEPTIEMBRE DE 1995

J.I. González, S.F. Farreras y J. Ochoa
Oceanografía Física, CICESE

Ondas de tsunami generadas por el sismo del 14 de septiembre de 1995 en la costa occidental de México, y por el Huracán Ismael, son la causa de la excitación de seiches en estaciones mareográficas de Manzanillo y Cabo San Lucas. Los argumentos se basan en el cálculo de tiempos de viaje desde la fuente sísmica y la fuente móvil meteorológica a los mareógrafos. Un relativo incremento en la amplificación de los seiches es consistente con el arribo del tsunami sísmico, y la actividad previa existente es producida por el arribo de ondas desde el huracán.

MAR-11

RIESGO-VULNERABILIDAD A INUNDACION POR TSUNAMIS DE ORIGEN SISMICO EN EL PUERTO DE LAZARO CARDENAS, MICHOACAN

Salvador F. Farreras y Modesto Ortiz
Depto. Oceanografía Física, CICESE

Con el propósito de proporcionar información científica que permita disminuir la vulnerabilidad de la población, las obras materiales y los servicios públicos en la Ciudad y Puerto de Lázaro Cárdenas, Michoacán, evaluando las extensiones y alturas de inundación probables que causarían, se simulan en computador tsunamis locales de origen sísmico generados en la Fosa Mesoamericana.

Su origen se describe como perturbaciones en el agua del océano producidas por dislocaciones del lecho marino causadas por sismos. Se usa teoría de ondas lineales en aguas profundas para la zona de generación y de propagación distante, y ecuaciones no lineales para aguas someras en la zona de propagación cercana e interacción con la costa. El avance y retroceso de las olas de inundación en la costa es una condición de frontera móvil, cuya descarga se condiciona al nivel relativo del agua en los bordes. Las ecuaciones se resuelven mediante un algoritmo de diferencias finitas centrales explícitas "leap-frog", en mallas interconectadas de diferentes tamaños.

Se simularon satisfactoriamente 2 casos de tsunamis representativos de riesgo menor y medio en México, semejantes a los ocurridos en Septiembre de 1985 y Octubre de 1995. Se simuló también el caso eventual de un tsunami extremo de alto riesgo pero baja probabilidad de ocurrencia.

Con ésto se elaboraron mapas de inundación zonificados para las áreas portuarias, navales, industriales y urbanas de Lázaro Cárdenas, Michoacán, incluyendo alturas de ola, extensiones de inundación, y tiempos de recurrencia probable, con recomendaciones sobre planificación urbana, patrones de usos del suelo, y redistribución de población, estructuras y servicios, para disminuir su vulnerabilidad. Se sugieren también posibles rutas de evacuación y zonas de refugio para los planes de contingencia. Esta información puede eventualmente servir también para el diseño adecuado de obras de protección.

Reunión Anual 2001

Sesión

Oceanografía

Jueves 8 — Viernes 9

SALA A

OCE-01

CIRCULACIÓN DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA FRENTE A BAJA CALIFORNIA: 2000-2001

Joaquín García C., Reginaldo Durazo A. y Gilberto Gaxiola C.
CICESE

Las observaciones de tres cruceros oceanográficos realizados en la parte sureña de la Corriente de California, se utilizan para describir la variabilidad de las corrientes superficiales de las corrientes directas medidas con un perfilador acústico (ADCP). Los cruceros se realizaron como parte del programa multidisciplinario IMECOCAL (Investigaciones MEXicanas de la CORriente de CALifornia) en octubre de 2000, enero y julio de 2001.

En un transecto perpendicular a Bahía Vizcaíno se encontró durante octubre de 2000 un flujo de poco más de 20 cm/s sobre la plataforma continental con una extensión de poco más de 20 km y un espesor de 160 m, mientras que en enero de 2001 este flujo hacia el polo fue menor de poco menos de 50 km. Para el crucero de julio de 2001 este flujo se encuentra localizado fuera de la plataforma continental y se intensifica hasta alcanzar un máximo de 40 cm/s a 30 m de profundidad con una extensión de 150 km y localizado a 70 km frente a Punta Eugenia y su espesor fue de 180 m.

Dentro de la Bahía Vizcaíno es evidente la presencia de un remolino con una magnitud de poco más de 50 cm/s hacia el polo en octubre de 2000, mientras que en julio de 2001 disminuye a poco más de 40 cm/s y su sentido se invierte.

Las observaciones se comparan con la circulación inferida por medio de las observaciones hidrográficas y con altimetría de satélite.

OCE-02

CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS FRENTE A BAJA CALIFORNIA EN EL TERCER AÑO LA NIÑA

Reginaldo Durazo¹, Joaquín García², Gilberto Gaxiola² y Tim Baumgartner²

¹ Facultad de Ciencias Marinas, UABC

² CICESE

Después de que las condiciones oceanográficas frente a Baja California presentaron anomalías de temperatura y salinidad positivas ($>8^{\circ}\text{C}$, >0.8 ups) durante el pasado evento El Niño 1997-1998, y negativas durante La Niña que inició a mediados de 1998, datos recientes sugieren que las condiciones frente a Baja California han regresado a la normalidad. En este trabajo se exponen las condiciones oceanográficas preponderantes durante 1999-2001, resultado de observaciones costeras en Octubre 2000, Enero, Abril y Julio 2001 realizadas como parte del programa de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL). Comparados con la media climatológica del período 1950-1978, los datos muestran que en la zona costera, al norte de 30°N , las aguas fueron un poco más frías que la media (-1 a -2°C) mientras que en las regiones al sur de dicha latitud, las condiciones fueron normales. Las condiciones frías se observaron durante la época de surgencias, cuando los vientos fueron anómalamente más intensos. Durante esta misma época, las masas de agua indicaron dominancia de aguas de

la Corriente de California, relativamente frías y poco salinas. En la época de verano y otoño, se observó la presencia, si bien mínima, de aguas de origen transicional originadas por la mezcla de agua de la Corriente de California, Agua Subtropical Superficial y Agua Tropical Superficial. Se presentan resultados preliminares de observaciones químico-biológicas que muestran la perspectiva interdisciplinaria del programa. Igualmente, se muestran mapas compuestos de los datos frente a Baja California obtenidos por IMECOCAL y los datos del programa CalCOFI en el sur de California.

OCE-03

VARIABILIDAD DE LA PROFUNDIDAD DE LA CAPA DE MEZCLA EN EL PACÍFICO BAJACALIFORNIANO

G. Jerónimo y J. Gómez-Valdéz
CICESE

El programa Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL) consiste en investigar tanto la física como la biología de la Corriente de California, frente a Baja California y Baja California Sur. Inició en 1997, y desde entonces conduce cruceros oceanográficos trimestrales que prácticamente cubren toda ésta región. La capa de mezcla es una región cuasi homogénea en donde ocurren pequeñas variaciones en temperatura o densidad con la profundidad. Ésta parte de la columna de agua es producto de mezclas turbulentas generadas por energía entrante al océano por la acción del esfuerzo del viento y/o flujos de calor en la capa superficial del océano. El conocimiento de la profundidad de la capa de mezcla es de particular importancia para estudios de la termodinámica de los océanos debido a que su espesor determina el volumen sobre la cuál el flujo de calor neto superficial será distribuido. En éste trabajo se hace uso de los datos de CTD del programa IMECOCAL de 1998 a 2000 para investigar la variabilidad temporal y espacial de la profundidad de la capa de mezcla de la región. La metodología consiste en un análisis estadístico completo de los datos de temperatura y densidad.

OCE-04

SPATIAL VARIABILITY OF SUMMER TROPHIC CONDITIONS IN THE SOUTHERN CALIFORNIA CURRENT

J. Farber Lorda, I. Romero Vargas and C. Almeda Jauregui
Depto. de Ecología, CICESE

Samples of Particulate Organic Matter were collected at 0, 20, 50 and 100m, during the IMECOCAL cruise of August 1999. Total Protein, Total Carbohydrates, total, organic and inorganic seston were studied, and compared with zooplankton biomass in the area in relation with hydrography of the area.

Frontal areas were found in front of San Quintin, Punta Canoas and around Punta Eugenia, which were coincident with higher values of seston, organic and inorganic, in some cases inorganic seston was higher at deeper waters. In general these high values were present in the first 50m with a considerable decline in deeper waters. The same trend was found for POM (proteins + carbohydrates). However, no-significant correlation was found between POM and zooplankton biomass. Separately proteins and carbohydrates showed the same trend. High values associated with

frontal areas. POM showed a significant difference among the four studied depths. Hydrography is currently studied to obtain a better separation of hydrographically different areas.

OCE-05

LA CIRCULACIÓN COSTERA Y LA ALBERCA CÁLIDA MEXICANA

A. Trasviña

Oceanografía Física, CICESE, B.C.S.

La región que abarca México, América Central y el Caribe tiene características únicas por estar rodeada de regiones oceánicas cálidas que ejercen gran influencia sobre el clima regional. En estas regiones las temperaturas superficiales del océano se mantienen por encima de los 28°C. Esto permite que el océano caliente la atmósfera baja lo suficiente como para producir convección profunda, nubes, y lluvia sobre el continente. También son regiones poco estudiadas de los océanos, de forma que para entender su papel en la regulación del clima regional es necesario responder algunas preguntas básicas. En particular la Alberca Calida del Pacífico mexicano (ACM), aunque persistente a lo largo del año, exhibe marcados cambios estacionales e interanuales en su extensión superficial. Estos cambios de extensión se deben, en gran medida, a variabilidad en la advección de calor por corrientes superficiales (2D) y a fenómenos que disminuyen la temperatura superficial mediante procesos de abordaje de aguas subsuperficiales (3D). En este trabajo se discute la climatología de la ACM y se hace una revisión crítica de las observaciones históricas de corrientes. Estas se comparan también con observaciones recientes hechas mediante flotadores ARGOS, así como con datos de perfilador acústico de la campaña Zihua01, de julio del 2001.

OCE-06

EFFECTO EN LAS VARIACIONES ESPACIALES DEL VIENTO: DOS CASOS CONTRASTANTES ? EL GOLFO DE TEHUANTEPEC Y LAS ISLAS CANARIAS

E.D. Barton, A. Trasviña y E. Navarro Pérez

Oceanografía Física, CICESE, B.C.S.

En las regiones donde el viento interactúa con la topografía costera, puede haber variaciones muy importantes en la distribución del viento superficial sobre el océano, las cuales tienen efectos dramáticos en el patrón de las corrientes y de la hidrografía. Aquí presentamos dos casos contrastantes, el de un chorro de viento perpendicular a una costa y el de una región de sotavento, viento abajo de una isla montañosa. En el primer caso, de Tehuantepec, el chorro sopla de manera intermitente pero fuerte sobre un océano básicamente sin corrientes significativas. Se manifiestan sus efectos como una reducción destacada de la temperatura superficial oceánica en el centro del chorro, una desviación vertical de la pycnoclina y la producción de remolinos ciclónicos y anticiclónicos a cada lado del chorro. Los anticiclones, que dominan la situación, se alejan lentamente de la costa y sobre un período de meses viajan hacia el oeste en la corriente nor-ecuatorial.

En el segundo caso, las Islas Canarias presentan un obstáculo al flujo de los vientos alisios y al suroeste de cada isla existe una región de ¿sombra? o ¿soco? donde el viento es muy débil. De los flancos de las islas sale una intensa zona de cizalla en el viento que

produce una deformación de la pycnoclina local y la generación de remolinos semejantes al ejemplo de Tehuantepec. También en este caso los remolinos se separan de su sitio de origen. Los anticiclones parecen persistir más en el tiempo y su movimiento de largo plazo sirve para ilustrar cambios estacionales en la corriente de Canarias.

Se discute la dinámica sencilla de estos fenómenos y su papel en intercambio horizontal de nutrientes, materia orgánica y biota entre regiones costeras y oceánicas.

OCE-07

PROGRAMA OCEANOGRÁFICO DEL OCCIDENTE DE MÉXICO (PROCOMEX): OBSERVACIONES OCEANOGRÁFICAS EN EL PACÍFICO TROPICAL MEXICANO

Joaquín García C., José Gómez V. y Miguel Lavín P.

CICESE

El PROCOMEX es parte de un proyecto multiinstitucional y multidisciplinario con participación del CICESE, COLMEX y el COLMICH financiado por CONACyT (Contrato No. G346015). Los planes de PROCOMEX es efectuar 2 cruceros oceanográficos por año durante 3 años. Se presentan algunos resultados del primer crucero oceanográfico realizado en noviembre de 2000 en las costas del Pacífico Tropical Mexicano, principalmente frente a las costas de Michoacán, Colima Y Guerrero. Estos resultados son las primeras mediciones de corrientes directas (ADCP) efectuadas fuera de la plataforma continental en la zona de estudio. Estas mediciones se comparan con la circulación inferida por datos hidrográficos y con altimetría de satélite. Los resultados muestran un flujo costero hacia el polo con una magnitud máxima de 0.8 m/s y se extiende a poco más de 45 km de la costa, mientras que más afuera de la costa el flujo se presenta con una magnitud de poco más de 0.4 m/s correspondiendo a las características de la Corriente Mexicana (parte mexicana de la Corriente Costera de Costa Rica) para esta época del año.

OCE-08

OBSERVACIONES DE CORRIENTES EN UN MONTE SUBMARINO DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Guillermo Gutiérrez de Velasco, Armando Trasviña Castro y

Hugo Herrera Cervantes

CICESE

El monte submarino denominado "El Bajo de Espíritu Santo" (EBES) se localiza en el Golfo de California, al este de la Isla Espíritu Santo, aproximadamente a 17 kilómetros de la Bahía de La Paz (24°42'N y 110°18'W). La cima del monte submarino es muy somera (20 m) y está formada por dos picos, separados 100 m, que se unen en una base común a una profundidad de 100 m. Las profundidades típicas en sus alrededores alcanzan los 400 m, excepto al oeste donde el canal que lo separa de la isla Espíritu Santo alcanza los 1000 metros de profundidad.

El interés en la dinámica alrededor del monte submarino EBES surgió de los estudios sobre la agregación de peces pelágicos iniciados a principios de los 80's. Es conocido por los pescadores que los peces se congregan sobre los montes submarinos cuyas cimas están cerca de la superficie del mar, sin embargo las razones no se conocen completamente aún. Existe un gran esfuerzo para

relacionar este fenómeno con las características dinámicas generadas por la presencia del monte submarino al modificar los flujos de la región. Alrededor de diferentes montes submarinos se ha observado la modificación de las corrientes de marea, presencia de ondas atrapadas, modificación de la estructura vertical de densidad.

Los registros de un Perfilador Acústico Doppler de Corrientes (ADCP) y de un termógrafo digital, instalados en las inmediaciones del monte submarino EBES, a 230 y 25 metros de profundidad respectivamente, muestran eventos importantes en la variabilidad de la corriente y en la temperatura del mar durante 1999. La variabilidad de las corrientes se compone principalmente por oscilaciones de la marea y evento de bajo período.

El análisis armónico de la corriente muestra la atenuación de las componentes diurnas y semidiurnas entre la superficie y la profundidad de la cima del monte submarino. Por debajo de esta profundidad la amplitud de las componentes semidiurnas alcanza máximos (a 110 m) y mínimos (a 150 m) relativos antes de incrementarse para alcanzar sus valores máximos cerca del fondo (hasta 0.1 m s⁻¹). La amplitud de las componentes diurnas alcanza su máximo valor entre los 150 y 180 metros de profundidad para decrecer hacia el fondo. Los armónicos quincenales decrecen de la superficie a los 150 m de profundidad para incrementarse nuevamente con la profundidad.

La variabilidad de bajo período está dominada por eventos de 7 a 14 días con amplitudes máximas cerca de la superficie. Los ejes principales de la corriente cambian de dirección con la profundidad: se orientan de SW a NE en los primeros 100 metros y de NW a SE, paralelos al costado del monte submarino, por debajo de los 100 metros. Algunos eventos están confinados a los primeros 100 metros, otros solo están presentes a profundidades medias (100 a 150 metros), y cuando menos uno de ellos está claramente atrapado en el fondo.

Uno de los eventos más sobresaliente se presentó del 15 de Noviembre al 4 de Diciembre, su influencia en la corriente se extiende claramente desde la superficie hasta los 100-m de profundidad, presentando amplitudes en la superficie mayores de 0.6 m s⁻¹ mientras que la temperatura muestra ascensos y descensos del orden de 5° C. Las imágenes AVHRR correspondientes a las fechas del evento muestran la evolución de una serie de estructuras ciclónicas de mesoescala cuya relación con el evento se refleja claramente cuando asociamos el vector de corriente superficial generado por el ADCP y la imagen AVHRR correspondiente al día de la medición. La corriente presenta velocidades hacia el sudeste con valores superiores a 0.5 m s⁻¹ durante los días de mayor presencia del evento (19-28 de noviembre), asimismo, las imágenes AVHRR presentan una fuerte advección en la temperatura superficial del mar relativamente mas fría (surgencia) generada en las costas de Sinaloa y que se desplaza hacia la parte norte de la Bahía de la Paz, teniendo como mecanismo de advección el giro ciclónico, identificando su presencia en los registros del termógrafo con una "caída" significativa de la temperatura a 25 m de profundidad.

OCE-09

CIRCULACION E INTERCAMBIO DE AGUA EN LA CAPA SUPERFICIAL DE LA ZONA CENTRAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Alberto Amador Buenrostro, María Luisa Argote Espinoza y
Manuel López Mariscal
CICESE

Se analizan tres series de corrientes superficiales y una colección de imágenes de satélite del infrarrojo de la región del archipiélago central del Golfo de California (GC) con la finalidad de estudiar la circulación superficial y parte del intercambio de las aguas superficiales entre la zona del archipiélago y el Golfo al norte y al sur del archipiélago.

La corriente superficial sobre el umbral Delfín es persistente hacia el Este con pocos eventos de inversión. Esta tendencia esta modulada por la dirección del viento. En verano produce corriente NE como se muestra de julio a octubre en la serie de tiempo. En invierno produce corriente hacia el SE como se muestra de noviembre a marzo. En la gran mayoría de las imágenes el flujo es hacia el Este, en verano claramente NE y en invierno al Este franco o al SE.

Las imágenes presentan dos opciones de flujo hacia el Este sobre el umbral Delfín, una es la presencia del giro ciclónico sobre el Golfo Norte, que en algunas ocasiones alcanza la zona del umbral Delfín y la otra es la presencia de filamentos o chorros o corrientes que provienen del norte de la isla de Angel de la Guarda con dirección al Oriente.

La corriente en la plataforma de Sonora es dominante hacia la cabeza del Golfo con algunas inversiones de baja intensidad y solo una muy intensa en forma de evento en el mes de octubre. Cuando las imágenes presentan en forma evidente una invasión de aguas cálidas del sur, en las corrientes, se observa un incremento en la magnitud de la corriente entrante por la plataforma de Sonora.

Al sur de las islas la corriente también muestra la modulación estacional que tiene el viento en esta zona, con dirección dominante hacia dentro del Golfo en verano y con dirección hacia afuera del golfo durante el invierno. El efecto del viento y la corriente sobre la distribución de los parámetros superficiales se manifiesta en verano con la retención de las aguas frías en la zona del archipiélago sin permitirles extenderse hacia el sur. En cambio en el invierno esta invasión se extiende por varias decenas de millas y se encuentra una mejor relación entre las corrientes y la estructura de la temperatura superficial observada en las imágenes de satélite.

OCE-10

RESPUESTA HIDROGRÁFICA DEL ARCHIPIELAGO CENTRAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA A EVENTOS DE EL NIÑO

Maria Luisa Argote, Carolina Morales, Felipe Plaza, Alberto
Amador
Depto. de Oceanografía Física, CICESE

A partir del análisis de datos hidrograficos históricos (1939 a 1999), se analiza la repuesta durante eventos El Niño (EN) de los campos hidrograficos del Archipelago Central del Golfo de

California, parte sur del Golfo Norte (GN) y Cuenca de Guaymas (CG). En general durante eventos de EN la columna de agua presenta anomalías positivas de temperatura en la capa superficial (0 a 50 m) durante o inmediatamente después de un evento. La profundidad de influencia de esta anomalía es mayor en el CB y GN (> 300 m) que en la Cuenca de Tiburón (CT) y CG (< 200 m). Las anomalías de salinidad no muestran un comportamiento generalizado como la temperatura. En el CB, GN y CT en la capa superficial (0-50 m) las anomalías son positivas en los cruceros realizados en la primera mitad del año y negativas y mayores durante la segunda mitad del año. Este comportamiento refleja la variabilidad estacional de la salinidad la cual durante años “normales” presenta máximos en la capa superior (0-50 m) de septiembre a diciembre y mínimos de febrero a mayo, haciendo más evidente la intrusión de aguas de baja salinidad durante los eventos de EN la segunda mitad del año. En niveles >50 m las anomalías de salinidad son positivas hasta 300 m en el CB y GN, mientras que, en la CT se observan a profundidades de 200 m. En contraste en la CG las anomalías son negativas en la primera 50 m de la columna de agua y positivas entre 100 y 200 m independientemente de la época del año. Las altas temperaturas y bajas salinidades en la capa superior (0 a 50 m) concuerdan con la idea generalizada de una invasión de la masa de Agua Superficial Ecuatorial (ASE) hacia el interior del golfo. Las altas salinidades en los niveles subsuperficiales en la CG resultan aparentemente del hundimiento del Agua del Golfo de California (AGC) provocado por la invasión en la capa superficial de ASE (calida y menos salina que el AGC). Las altas salinidades y altas temperaturas en toda la columna de agua en el GN y CB sugiere que durante eventos de EN la circulación termohalina del golfo (la cual exporta aguas tibias y salinas (AGC) en la capa superior (250 m) e importa aguas frías y de menos salinas en los niveles de 250 a 500 m, es modificada por la advección de ASE en la capa superficial (0 a 100 m). La advección de ASE hacia el norte reduce el flujo superficial del AGC hacia el sur. El alto porcentaje de AGC presente en condiciones normales el CB y GN, la reducida profundidad de estas zonas (comparadas con la cuenca de Guaymas) aunado a una reducción del flujo AGC (salina y cálida) la cual se forma en el GN, explica el incremento de temperatura y salinidad en toda la columna de agua observados en el GN y CB durante eventos de EN.

OCE-11

PRODUCCIÓN PRIMARIA DE LOS GOLFOS DE CALIFORNIA Y MÉXICO DERIVADA DE IMÁGENES DEL SEAWIFS

Raquel M. Hidalgo González y Saúl Alvarez Borrego
División de Oceanología, CICESE

La fotosíntesis del fitoplancton oceánico juega un papel muy importante en el ciclo global del carbono ya que es de una magnitud similar a la fotosíntesis de las plantas terrestres. Los datos generados por sensores remotos a bordo de satélites constituyen una excelente herramienta para caracterizar las fluctuaciones estacionales e interanuales de la producción primaria oceánica. El sensor SeaWiFS ha generado información sobre la concentración de clorofila (chl) y el coeficiente de atenuación submarina de luz difusa (K490) para la primera profundidad óptica desde septiembre de 1997. Con información histórica de chl generada en cruceros oceanográficos caracterizamos la forma de su perfil vertical para toda la zona eufótica por debajo de los datos de satélite, para regiones dentro de los Golfos de California y México, y para

diferentes épocas del año. Para regiones con chl<1.5 utilizamos algoritmos para aguas caso I para el cálculo del perfil vertical de radiación fotosintéticamente activa (PAR). Con los datos de K490 y algoritmos empíricos calculamos la profundidad de la zona eufótica para aguas caso II. Con la profundidad de la zona eufótica calculamos una K(PAR) promedio para la columna eufótica, lo cual nos permitió calcular PAR de una manera cuasicontinua. Con chl y PAR para cada profundidad, y parámetros fotosintéticos de la literatura calculamos la producción primaria total (PT) para las regiones y épocas mencionadas.

Finalmente calculamos la producción nueva (PN) utilizando relaciones empíricas entre la concentración de nitrato y el parámetro f. Esto nos permitió generar series de tiempo de PT y PN para cada región de estos golfos para el período 1997-2001. En general, hay un contraste grande entre el Golfo de California y el Golfo de México, con producciones por unidad de área de hasta un orden de magnitud mayor para el primero. Dentro del Golfo de California hay un contraste grande entre invierno y verano, con mayor producción en el primero. En el Golfo de California resalta la región de las grandes islas con producción primaria alta durante todo el año debido a los fenómenos asociados a las mareas que causan alta turbulencia. En el Golfo de México resalta la región norte influenciada por el Río Mississippi, que aporta una gran cantidad de nutrientes causando una alta producción primaria todo el año. La región de las grandes islas en el Golfo de California y la de Mississippi en el Golfo de México tienen una alta proporción de producción nueva todo el año, mientras que las otras regiones del Golfo de California sólo tienen una alta proporción de producción nueva en invierno, durante el gran aporte de nutrientes con las surgencias costeras. Las regiones de la parte central y sur del Golfo de México tienen en general producción total baja y una proporción también baja de producción nueva.

OCE-12

OBSERVACIONES DE LA CIRCULACIÓN RESIDUAL EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA

Miguel F. Lavín, Víctor Godínez y Luis G. Alvarez.
Depto. de Oceanografía Física, CICESE

Se presentan los primeros resultados de un programa de observación directa de la circulación residual en el Alto Golfo de California. Se instalaron varios anclajes con corrientímetros convencionales y acústicos perfiladores durante 53 días en el verano de 1999 y durante 44 días en enero y febrero de 2000. Las observaciones de verano muestran una salida casi continua de agua de alta salinidad del lado de Baja California, modulada por el ciclo quincenal de las mareas, e influenciado por estructuras batimétricas; del lado de Sonora, se observa flujo hacia el interior del AGC en las capas superiores, y hacia las costas de Baja California en los niveles inferiores. Durante el invierno, el flujo de fondo del lado de Baja California tiene las mismas características que en verano, pero en las capas superiores presenta flujos hacia adentro del AGC o hacia Sonora. Del lado de Sonora, sólo se obtuvieron datos de las capas superiores, y muestran salida de agua. Se discutirán los posibles mecanismos que controlan la circulación residual.

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA HIDROGRÁFICA EN LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO

Obeso-Nieblas, M.¹, Gaviño-Rodríguez, J.H.², Shirasago-Germán, B.¹, Alatorre-Medienta, M.A.³, Jiménez-Illescas, A.R.¹ y Sánchez-Velasco, L.¹

¹ Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

² Instituto Oceanográfico, Universidad de Colima, México

³ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

Se procesaron datos hidrológicos de los cruceros realizados durante verano, otoño e invierno de diferentes años, con la finalidad de describir la variabilidad del campo termohalino, en la Bahía de La Paz, B.C.S.

En los registros de verano, se aprecia una bahía con las mayores temperaturas superficiales en la costa oeste desde la comunicación con el Golfo de California hasta la altura de San Juan de La Costa. Se aprecia un gradiente de la costa oeste hacia las islas, con dos estructuras en forma de lengua de agua más caliente que al parecer viajan hacia las islas una a la altura de Bahía Coyote y la otra frente a San Juan de La Costa. Las zonas de menor temperatura se registraron en la parte sur, en Canal San Lorenzo y en la parte sur de la Boca Norte. Se presenta una importante estratificación térmica.

Durante el otoño se aprecia una bahía muy homogénea superficialmente, con una mínima variación de temperatura de 1°C. La zona más fría se registró en la frontera con el Golfo de California. La estratificación se ha eliminado y la columna de agua presenta una importante capa de mezcla.

En invierno la distribución de temperatura superficial presenta una intrusión de agua fría en la parte norte hasta la altura de Bahía Coyote y una franja de temperatura relativamente alta en la parte central. Una zona de baja temperatura en forma de lengua, fue registrada desde el lado suroeste hacia las islas. La distribución de salinidad es relativamente heterogénea con un núcleo de valores altos en el sur de la bahía. La distribución de densidad está bien correlacionada con la distribución de temperatura.

Durante otoño se puede apreciar en la bahía aguas con características de las Aguas Superficial Ecuatorial, Aguas Subsuperficial Subtropical y Aguas del Golfo de California. Los datos de invierno muestran la presencia de aguas con las propiedades del Agua del Golfo de California y Agua Subsuperficial Subtropical. En cambio durante el verano, se registraron en una mayor proporción Aguas del Golfo de California. Es importante resaltar que, durante el muestreo del verano de 1998, se registro en su totalidad prácticamente aguas con las características de las Aguas del Golfo de California.

ASIMETRÍAS INDUCIDAS POR MAREA EN LA BAHÍA DE YAVAROS, SONORA

Dworak-Robinson, J.A.¹⁻³ y J. Gómez-Valdés²

¹ ITMAR, Guaymas

Apdo. Postal 563. Guaymas, Son., México

² CICESE

Apdo. Postal 2732. Ensenada, B.C. México

³ CIBNOR

Apdo. Postal 128. La Paz, B.C.S. México

Cuando la onda de la marea se aproxima a regiones someras su forma se distorsiona y surgen nuevas ondas de frecuencia más altas. Esto es debido a procesos no lineales que dan lugar a asimetrías en los flujos y a la circulación. La mayoría de los estudios de asimetría de la marea y las corrientes de marea se han concentrado en cuerpos de agua costeros con regímenes de marea semidiurna. En este trabajo de estudio se estudian las asimetrías en La Bahía de Yavaros cuyo régimen de marea es mixto. Para ello se realizó un estudio de campo con dos correntímetros S4DW, durante el periodo del 15 de Septiembre al 11 de Noviembre de 1999. Al descomponer la varianza de las series de nivel del mar y corrientes en el dominio de la frecuencia, se encuentra predominancia de la banda semidiurna, siendo más importante su ponderación en las corrientes. Velocidades típicas en la boca son 70 cm s⁻¹ y 8 cm s⁻¹ durante mareas vivas y muertas respectivamente. Análisis armónico de la serie de nivel del mar y corrientes muestran la existencia de componentes de aguas someras, siendo las más importantes las terciarias y cuartidarias, las cuales nos indican la presencia de procesos no lineales. Sin embargo, los valores de las componentes de agua somera relativo a las ondas que los generan son más intensos en las ondas de corriente que en las ondas de marea, esto muestra que las interacciones no lineales están más intensamente presentes en las ondas de corriente que en las ondas de marea. Las corrientes de baja frecuencia (periodos > 2 días) muestran una dominancia del reflujo, alcanzando velocidades de 7 cm s⁻¹ y 3 cm s⁻¹ durante mareas vivas y muertas respectivamente. El balance de fuerzas de baja frecuencia muestra que la advección juega un papel más importante que la fricción en los procesos no lineales que provocan la distorsión de las ondas. Las elipses de corriente están orientadas a lo largo del canal de navegación en las frecuencias diurnas y semidiurnas, sin embargo en bajas frecuencias las elipses son perpendiculares al canal. Las asimetrías son explicadas por medio de la interacción entre las ondas M2 y la M4, se calculan sus amplitudes y fases relativas, como un indicador de la distorsión de las ondas de marea y de corriente. La hipsometría y las pérdidas de momentum por bifurcación de los flujos contribuyen también a la dominancia del reflujo.

ASPECTOS DE LA CIRCULACIÓN EN LA LAGUNA DE TERMINOS CAMPECHE

Gaviño-Rodríguez, Juan H., Galicia-Pérez, Marco A.

Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas,

Universidad de Colima

E-mail: gavinho@cigic.uco.mx

Se presentan para la Laguna de Términos, discretizada en una malla de 900x900 m² que abarca la zona aledaña inmediata al Golfo de México, (que es donde se localiza la frontera abierta y no en las

bocas de comunicación) algunos resultados de la modelación numérica por marea y arrastre de viento. La marea muestra su mayor influencia en la vecindad cercana a las bocas (del Carmen y Puerto Real) presentando intensos gradientes de fase y explica por que mediciones mareográficas hechas en sus cercanías son muy sensibles en este respecto y llegan a exhibir grandes variaciones. Vientos del N, NE, E, y SE que tienen componente W respecto a la Barra ocasionan que agua del Golfo entre por Puerto Real y salga por el Carmen. Estos resultados concuerdan con algunas mediciones y la distribución espacial de sedimentos y salinidad en el embalse.

OCE-16

SOBRE LA RESPUESTA DINÁMICA DEL LAGO DE CHAPALA, MÉXICO, AL FORZAMIENTO CAUSADO POR LA BRISA

Monzón C.O., Tereshchenko I.E., Filonov A.E. y Cruz R.C.
Departamento de Física, CUCEI, UdeG
ICMyL, UNAM, México, D.F.

En el lago de Chapala se han estudiado muchos aspectos con relación a su biología, química y geología. Los aspectos sobre la dinámica en la atmósfera local y regional en los últimos años a tenido un muy notable progreso, investigadores de la Universidad de Guadalajara trabajan intensamente en esta área. Se presenta el análisis estadístico y espectral para las principales características meteorológicas en el lago de Chapala: temperatura del aire, presión atmosférica, dirección y velocidad del viento, humedad relativa y nivel del lago; las series de tiempo se agruparon con igual discretización, usando métodos lineales (auto y cruzado) y no lineales (máxima entropía y máxima verosimilitud) de análisis espectral, se encuentra también la dirección de la brisa; con el método de componentes rotacionales se encontraron los principales periodos de los armónicos en un rango de horas, obteniendo sus amplitudes medias cuadráticas y su diferencia de fase. Se discuten las causas físicas de las oscilaciones.

Las fluctuaciones periódicas en la presión atmosférica y viento generan Seiches; se utiliza el modelo numérico bidimensional semi-implícito HAMSON, para calcular los periodos y amplitudes de estas ondas en diferentes profundidades del lago, comparándose los resultados con datos reales de variación de nivel. En la región del lago de Chapala el principal proceso que ocasiona toda la dinámica en la atmósfera y lago es la brisa, la cual es mucho más intensa durante el día con una dirección hacia tierra y con magnitud promedio de 4.5 m s⁻¹ lo que a su vez ocasiona un aumento en la evaporación del lago. La energía cinética de la brisa diurna es cerca de dos ordenes de magnitud mayor que la semidiurna. Las variaciones sinópticas en la región del lago se revelan en los espectros energéticos con periodos de entre 2.5 y 5 días. Las variaciones de las características meteorológicas también se reflejan en las fluctuaciones de nivel del lago, presentándose estas con un desplazamiento de fase. Mediante el análisis espectral cruzado se analizaron los procesos, diarios, sinópticos, semianuales y anuales, con detalle. A todas las características de las fluctuaciones meteorológicas les fueron encontradas sus diferencias de fase, coherencia y amplitud media cuadrada en sus diferentes frecuencias.

OCE-17

DYNAMIC RESPONSE TO VALLEY BREEZE CIRCULATION IN SANTA MARIA DEL ORO, A VOLCANIC-LAKE IN MEXICO

David Serrano, Anatoliy Filonov and Irina Tereshchenko
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
México, D.F.

The paper discusses the dynamic response to valley breeze circulation in Santa Maria del Oro, a volcanic lake in Mexico. Valley breeze circulation is enhanced by daily changes of the wind direction and force over the lake. Hourly records of wind measurements were used to compute a hydrodynamical model by means of the free fluctuations of the lake's water mass, integrated drift currents were calculated as well. The calculations show that the valley breeze circulation stimulates barotropic seiches in the lake with a period of 2.6 minutes and maximal level in the southwest part up to 18 mm. The drift current in the lake is most intensive in the second half of the day. Two circulating rings become isolated in opposite directions: anticyclonical in northern part of the lake and cyclonical in the southern. At the external periphery of these rings the currents speed can reach 20 cm/s. The measurements have shown, that most part of the year the lake is strongly stratified. The maximal vertical temperature gradients are over 1°C/m in November, in a layer of 17-20 m. In February the thermocline is washed away because of the winter vertical circulation.

OCE-18

RESULTADOS PARCIALES DE UNA POSIBLE LIMITACIÓN POTENCIAL DE NUTRIENTES INORGÁNICOS DISUELTOS (DIN:SI:P) EN LAS BAHÍAS DE MANZANILLO Y SANTIAGO COLIMA. (OTOÑO-INVIERNO 2000-2001)

Aramis Olivos Ortiz, Sonia Quijano Scheggia y Héctor Juárez Pedroza
Universidad de Colima, CEUNIVO

El objetivo de este trabajo es determinar la limitación potencial de nutrientes inorgánicos comparando sus relaciones estequiométricas (DIN:Si:P) en las Bahías de Santiago y Manzanillo Colima durante el periodo octubre 2000-marzo 2001. El área de estudio se encuentra localizada en el Pacífico Mexicano, entre los 19°01 y 19°07 latitud Norte y 104°18 y 104°26 longitud Oeste. Se realizaron 6 muestreos mensuales con un total de 25 estaciones a 3 profundidades (0, 15 y 25 m) cuando la batimetría lo permitió. Para cada estación se analizó la concentración de NO₃+NO₂+NH₄(DIN), PO₄-3 y Si(OH)₄.

Con el propósito de utilizar un criterio más riguroso que el planteado por Redfield 1963, el cual señala una relación N:P (16:1) como parámetro para establecer una limitación para la productividad primaria, en este trabajo se establece la posible limitación potencial utilizando aspectos relacionados con cinética de asimilación y requerimientos nutricionales reportados por otros autores para distintas especies fitoplanctónicas; quedando establecidos de la siguiente manera: (1) P como nutriente limitante si la razón Si:P >22 y DIN:P >22. (2) N como nutriente limitante si la razón Si/DIN >1 y DIN/P <10 y (3) Si como nutriente limitante si la razón Si:P <10 y Si/DIN <1. Los resultados mostraron que si

el sistema se toma como uniforme, durante el otoño el nutriente potencialmente limitante es el DIN seguido muy de cerca por el Silicato (70 y 60 % de las ocasiones respectivamente), siendo claro que el fosfato nunca actuó como tal, lo cual sugiere que siempre estuvo en exceso frente a los otros nutrientes; cuando se consideran las tres profundidades el patrón se repitió, siendo más acusada la limitación del DIN en la capa superficial.

Para el invierno, tomando al sistema como un cuerpo uniforme, el nutriente potencialmente limitante es el Silicato seguido del DIN (55 y 37% respectivamente), una vez más el fosfato se encontró en aparente exceso; cuando se tomaron en cuenta las tres profundidades, el DIN se muestra como el nutriente limitante en lugar del silicato, aunque ambos con porcentajes muy similares, teniendo el fosfato un papel secundario.

Esta alternancia entre el DIN y el silicato como nutrientes potencialmente limitantes, y el aparente exceso de fosfato, puede ser reflejo de las descargas de aguas residuales sobre ambas bahías, pues las altas concentraciones de fosfatos son un reflejo de la actividad antropogénica que ponen a este nutriente en un aparente exceso en ambas estaciones del año. Este comportamiento puede dar el criterio para inferir que especies fitoplanctónicas (dinoflagelados) con preferencia por éste nutriente se vean favorecidas, sugiriendo que este puede ser el mecanismo por el cual a finales del invierno son reportadas apariciones de mareas rojas dominadas por este tipo de organismos, por lo que se propone una continuidad en la investigación que lleve a la conclusión definitiva de los resultados parciales aquí presentados.

OCE-19

EL PROBLEMA DE TAYLOR Y EL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS COMO CARGA DE FONDO

Noel Carbajal

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica

Combinando un modelo hidrodinámico-numérico bidimensional de diferencias finitas, verticalmente integrado y un modelo para el transporte de sedimentos, se estudió la evolución morfológica de una cuenca rectangular de fondo inicialmente plano. Se investiga el arrastre de sedimentos como carga de fondo y las estructuras batimétricas resultantes en el proceso fundamental de reflexión de ondas de marea en cuencas marginales. Esto equivale a extender el Problema de Taylor al transporte de sedimentos. Los resultados muestran que la geografía y la intensidad de la marea son determinantes en las tendencias a la formación de bancos, se presenta un análisis de cómo cambia la energía total disipada conforme evoluciona la batimetría de la cuenca.

OCE-20

A COUPLED MODEL FOR WAVE-CURRENT BOTTOM BOUNDARY LAYER AND THE DYNAMICS OF THE BEDFORMS. PART 1. RIPPLE GEOMETRY

Padilla-Hernandez R. and Monbaliu J.
Katholieke Universiteit Leuven, Belgie

Previously published investigations on the wave bottom boundary layer and ripple geometry are combined to derive a new ripple predictor for combined wave—current flows. The ripple predictor of Nielsen [1981], originally for waves only, was modified

in order to use it in combined flows. The modified model now uses the total roughness—related Shields parameter in contrast to the most commonly used grain roughness—related Shields parameter. Using the total roughness the corrections, due to the presence of ripples, to parameters such as friction velocity and the Shields parameter is no longer necessary. To predict the ripple geometry the proposed model uses the results of the wave bottom boundary layer model of Christoffersen and Jonsson [1985]. The ripple predictor and the wave bottom boundary layer model take into account the bedforms already existing to predict the new ripple and flow field. The predicted ripple geometry fits very well the selected measurements of Li and Amos [1998] in all ripple regimes viz (i) the formation of the ripple field from the plane bed, (ii) the break off range, (iii) the sheet flow, (iv) the transition from sheet flow to ripples after the peaks of the storms, (v) during the spin up and (vi) during the decaying of the storms. In these two last entries large wave ripples were found and they were modelled without explicit assumptions.

OCE-21

A COUPLED MODEL FOR WAVE-CURRENT BOTTOM BOUNDARY LAYER AND THE DYNAMICS OF THE BEDFORMS. PART 2. THE WAVE-CURRENT BOTTOM BOUNDARY LAYER

Padilla-Hernandez R. and Monbaliu J.
Katholieke Universiteit Leuven, Belgie

The wave bottom boundary layer model of Christoffersen and Jonsson [1985] is coupled in a two way scheme with the ripple predictor MN81 proposed in a companion paper (Part 1.). The results from the wave bottom boundary layer are contrasted with measurements in the field and in laboratory. The predicted wave bottom boundary layer parameters fit very well the selected observations of Li and Amos [1998] for saltation/suspension and sheet flow. The modelled apparent roughness length is similar to measurements, made by other researchers in laboratories.

OCE-22

CARACTERIZACIÓN ESTADÍSTICA DEL OLEAJE QUE ARRIBA A LAS COSTAS DE ROSARITO, B.C.

A.E. Marichal-Gonzalez y A. Martínez-Díaz-de-León
Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

El oleaje es el principal parámetro oceanográfico que requiere ser considerado cuando se llevan a cabo actividades costeras, tales como el diseño de estructuras, cuantificación del transporte de sedimento playero, actividades de recreación, entre otras. En este trabajo se presentan los resultados más relevantes del análisis estadístico de cuatro años de información de oleaje medida por la Comisión Federal de Electricidad de 1994 a 1999 frente a la toma de agua de la Central Termoeléctrica, localizada en Rosarito B.C. Los resultados muestran una marcada variabilidad estacional e interanual en las alturas del oleaje, las cuales presentaron máximos hasta de 5.8m en altura significativa. Mientras que la variabilidad estacional esta asociada a la variabilidad climática estacional, la variabilidad interanual parece estar asociada a fenómenos de gran escala como el de El Niño. La dirección dominante de arribo del oleaje al punto de medición resultó ser del suroeste, inclusive durante la época de invierno, lo que sugiere que el oleaje medido estuvo fuertemente afectado por el proceso de refracción. Se presentan y

discuten la distribución de alturas y periodos durante las diferentes épocas del año y los diferentes años considerados, así como las distribuciones conjuntas de alturas y periodos y alturas y direcciones, estas últimas en forma de rosas de oleaje.

OCE-23

MODELACIÓN DEL FENÓMENO DE ROMPIMIENTO DE ONDAS SUPERFICIALES

Carlos Lizárraga Celaya y Sergey Sekerzh-Zenkovich
 Depto. de Física, Universidad de Sonora

El rompimiento de olas es un mecanismo que juega un papel importante en la dinámica de la capa superficial de los océanos. Entre sus efectos podemos enumerar por ejemplo: limitar el crecimiento de las ondas superficiales; generar mezcla turbulenta que ocasiona un efecto disipativo en la energía de la onda de superficie; generar corrientes oceánicas al transferir flujo de momento del campo de ondas; aumentar la transferencia de gas vía turbulencia superficial y atrapamiento de burbujas; generar sonido en la superficie del océano que puede ser utilizado como una herramienta de diagnóstico en estudios de interacción aire-mar; y otros.

El fenómeno de rompimiento de las ondas superficiales es acompañado por una colección de procesos complejos como son los de deformación del flujo laminar mientras la amplitud de la onda crece, la generación de vorticidad en la superficie libre, generación rápida de turbulencia no estacionaria y atrapamiento de aire. Todo esto se puede visualizar como una transformación de la energía de la onda superficial en otro tipo de energía: corrientes de superficie, turbulencia, flotación, calor. Esta complejidad ocasiona que los resultados de mediciones y modelación de estos flujos sean escasos o tengan que ser limitados a longitudes de onda muy cortos donde la tensión superficial limita el movimiento libre, de tal forma que no se producen burbujas o no se emite rocío.

Sin embargo, el interés por investigar el fenómeno de rompimiento de las olas continúa, mientras el hombre realice actividades de pesca, exploración marina y comercio marítimo. En la actualidad algunas embarcaciones pesqueras naufragan y se pierden en los mares agitados donde ocurre el rompimiento de olas.

El presente trabajo se presentan resultados de un modelación matemática del rompimiento de ondas de agua superficiales estacionarias en 2 dimensiones. Las ondas estacionarias se producen mediante un proceso de resonancia paramétrica, en un recipiente que oscila verticalmente con amplitud pequeña. Las ecuaciones de movimiento no lineales del fluido, en coordenadas de Lagrange, se resuelven a tercer orden utilizando el método asintótico de promedios de Krylov-Bogolyubov. El modelo considera los efectos de tensión superficial y se describen las condiciones bajo las cuales las ondas alcanzan su máxima altura y se produce el rompimiento.

OCE-24

EFFECTOS DE ROTACIÓN EN EL FLUJO DE CORRIENTES DE GRAVEDAD PROPAGÁNDOSE A TRAVÉS MEDIO ESTRATIFICADO

Luis F. Navarro Olache
 Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

Se realizan una serie de experimentos de laboratorio para estudiar la propagación de corrientes de gravedad (GC) en un medio estratificado en rotación. En los experimentos un volumen finito de fluido de densidad intermedia es mantenido separado mediante una barrera de un ambiente estratificado de dos capas. Cuando la barrera es retirada, el fluido de densidad intermedia se propaga entre las dos capas como una corriente de gravedad, cuyas características dinámicas responden a las condiciones iniciales, así como a las diferentes velocidades explorados en la serie de experimentos.

Los experimentos se realizaron en un canal rectangular de profundidad h variable con 100 cm a lo largo (dirección x -) por 15 cm de ancho (dirección y -). Se mostró en los resultados las tres fases distintivas que presentan las corrientes de gravedad, bajo estas condiciones. Estas son un balance inercio-gravitatorio seguido del desborde después de la liberación del fluido. Un tiempo después aproximadamente un periodo de rotación el flujo tiende hacia un balance geostrofico conteniendo parte del colapso inicial del fluido en la dirección x - y estableciendo un flujo en la dirección y -. Cuando este flujo choca con la frontera lateral, se produce la tercer etapa generando un corriente de gravedad mixta cuyo balance es geostrofico en y - mientras que es ageostrofico a lo largo de x -.

Durante el desarrollo de las tres fases fueron encontradas en nuestros experimentos diferencias substanciales de las corrientes gravitatorias de este tipo comparadas con similares corrientes sobre el fondo o sobre la superficie. Estas diferencias fueron primordialmente el alto grado de inestabilidad de los flujos intrusivos bajo todos los regímenes de rotación experimentados incluyendo los mas lentos. Se clasificaron estas inestabilidades en tres tipos 1) aquellas oscilaciones a lo largo del frente geostrofico (dirección y -); 2) Oscilaciones siguiendo al frente de propagación a lo largo de la frontera; 3) Una serie de inestabilidades crecientes desarrollándose después de que la corriente de gravedad ha pasado dejado la escena. Estas inestabilidades resultaron ser las mas energéticas, teniendo un patrón de crecimiento alto y sostenido logrando crecer mucho mas allá de los limites de la corriente original, la cual es contenida cerca de la costa aproximadamente un radio de Rossby ($C/2W$). La inestabilidad modifica por completo la circulación general dentro del canal, dejando tras un tiempo después de iniciado el experimento una serie de vórtices acoplados.

En procesos oceánicos costeros corrientes de gravedad intrusivas han sido ampliamente observados ya que son características de cuerpos costeros que exportan agua, calor sal o propiedades hacia el océano adyacente, tales como en el Mar Mediterráneo, mar Rojo, El Golfo de Spencer en Australia y en algunas regiones del Golfo de California. Mediante los experimentos de laboratorio se pretende entender la dinámica de estos procesos y diagnosticar el papel que estas inestabilidades juegan en los patrones reales de flujos en el océano, tales como los que ocurren en la región de entre las islas del Golfo de California. Se ofrece en este trabajo una análisis dimensional de los resultados obtenidos en experimentos de laboratorio con aquellos flujos e inestabilidades observadas en la región de las islas del Golfo de California.

OCE-25

INTERNAL TIDE NEAR A CONTINENTAL SLOPE WITHOUT SHELF

Filonov A.E. and Konyaev K.V.
University of Guadalajara, Physics Dpt., Mexico

As it is shown by modeling data and some natural measurements it is possible to depict the internal tide image by characteristics rays, which are formed on the shelf break where the bottom slope is critical. At the shelf edges, three rays are formed, two of them travel to open ocean and the third towards the coast. Near the Mexican coast the continental slope increases abruptly. On average the bottom inclination exceeds the critical slope for the internal semidiurnal tide, but at the ocean top layer the internal tide is rather intense. According to field measurements of temperature and salinity, the length of the tide wave over the slope is rather small and some soliton groups are seen. On continental slope are available small bottom sites with the critical inclination. Assuming an important role of these sites on internal tide formation, the ray pictures are constructed. There was, that the ray traveling to the coast, is reflected from abrupt slope and turns back into ocean direction. This results in formation of short internal tide waves at top layer of the ocean over the continental slope. In addition, the we observed the amplification of nonlinear effects. This report discusses the relationship between modal and radial description of internal wave fields as well as the authenticity of the presented method.

OCE-26

THE DYNAMICS OF TWO-DIMENSIONAL SOLITARY WAVES ON A WATER SURFACE

Gennadiy Burlak, J. Sanchez-Mondragon and A. Zamudio-Lara

Autonomous University of Morelos, CIICAP
Av. Universidad #1001, Cuernavaca, Mor., 62210, Mexico
E-mail: gburlak@uaem.mx

The dynamics of nonlinear solitary waves on a surface of water in two-dimensional (2-d) area is numerically investigated. Such waves represent a gravitational perturbation of a water surface, and their amplitude A exponentially decreases with a depth z . At strong amplitude oscillations of a surface the nonlinearity of the motion equations begins to be important. The dynamics of a wave package is described by Nonlinear Schroedinger Equation (NSE) with a time t and two spatial variables x and y in the form

$$i(\partial_t A + v \partial_x A) = \kappa_x \partial_{xx} A + \kappa_y \partial_{yy} A + \alpha |A|^2 A, \quad (1)$$

where v is a group velocity of wave, κ_x and κ_y are the coefficients of diffraction and α is a nonlinear coefficient. The two-dimensional NSE has more rich nonlinear dynamics in comparison with a one-dimensional case. We study such a dynamics of a wave package in two-dimensional rectangular area with zero boundary conditions. At a small nonlinearity the wave package relaxes while of a motion. However at a strong nonlinearity (or in a case of a large initial amplitude A_0) the wave pulse starts to self-focus and its amplitude sharply increases what also results in its sharp compression. Such a behavior takes place up to its arrival to a boundary where the oscillatory amplitude of the pulse increases sharply. In result of the boundary reflection the self-consistent form of a pulse is destroyed

and a leakage of its energy in others modes of oscillations of the water surface begins. In report the various regimes of nonlinear dynamics are discussed and our conclusions are comparing with a phenomenon of self-focusing in a nonlinear optics. The results may be used while studying of the nonlinear dynamics of a water surface of the various geophysical systems.

OCE-27

USO DE UN TRANSBORDADOR COMERCIAL PARA EL MONITOREO PERIODICO DE ALGUNAS VARIABLES OCEANOGRÁFICAS EN LA BOCA DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Rafael Cervantes Duarte¹, Claudia Morales Sánchez¹, Jose Eduardo Valdez Holguín¹, Scott Pegau², Armando Trasviña Castro³ y Guillermo Gutierrez de Velazco³

¹ CICIMAR, IPN

² Oregon State University

³ CICESE

El Golfo de California es un mar marginal de considerable interés oceanográfico por su alta productividad biológica, y por sus diferentes características hidrográficas, climáticas y topográficas. Las características hidrográficas en el golfo varían de manera muy particular en la parte norte, la región de las islas, la región central y la región sur. Particularmente esta última esta en comunicación abierta con el Océano Pacífico tropical a través de la boca y tiene una estructura hidrográfica complicada debido a la confluencia de distintas masas de agua. El golfo se caracteriza por tener variaciones importantes en la frecuencia semianual, anual e interanual. Sin embargo, muy poco se sabe de sus variaciones en menor escala. Las imágenes infrarojas y de color obtenidas de satélites son una poderosa herramienta en el estudio de procesos oceánicos en las capas superficiales, debido a su amplia cobertura tanto espacial como temporalmente. La combinación de imágenes puede ser útil en el estudio del acoplamiento de los procesos físicos y biológicos, por ejemplo, la relación entre las aguas de surgencias, frías y ricas en nutrientes y la presencia de zonas con altas concentraciones de clorofila debida a los florecimientos de fitoplancton. Los trabajos de validación de imágenes de satélite requieren de una adecuada base de datos, la cual solamente se consigue a partir de un monitoreo continuo. El uso de los transbordadores comerciales han mostrado ser medios muy útiles para los estudios de validación de las propiedades bio-ópticas de la superficie del océano. Este trabajo tiene como propósito presentar los primeros resultados de temperatura, salinidad, atenuación de partículas y fluorescencia superficial medidos en el transecto La Paz-Mazatlán-La Paz a utilizando un transbordador comercial.

**CAMBIOS EN LA LÍNEA DE COSTA DURANTE
CONDICIONES OCEANOGRÁFICO/
METEOROLÓGICAS EXTREMAS. EL NIÑO 1997-
1998, EN ROSARITO, B.C.**

Román Lizarraga Arciniega¹, Sergio A. Ramos Rodríguez²,
Cuahtémoc Nava Button² y Francisco Ocampo Torres²

¹ UABC

² CICESE

Rosarito, B.C., es un asentamiento en la franja costera al noroeste de México cuya principal fuente de recursos es el turismo. Esta actividad se ve severamente afectada cuando la playa está sujeta a procesos destructivos asociados a eventos extremos de tormenta. Estos eventos se observan principalmente durante los inviernos generando oleaje de alta energía el cual, cuando se combina con marea alta y sobre-elevación del nivel del mar por la presencia de olas (set-up), llegan a producir cambios morfológicos sustanciales en la playa arenosa hasta incluso su desaparición total. Los instrumentos meteorológicos y oceanográficos instalados en Rosarito permitieron observar el comportamiento de algunas de las condiciones extremas ocurridas durante el invierno 1997-1998. En este trabajo se presentan algunas de las variables registradas durante los meses de enero y febrero de ese año y su relación con los cambios en la línea de costa. Se observaron olas de tormenta con altura significativa (Hs) de 5 m y períodos hasta de 20 s. y temperaturas de agua del mar por encima 3 °C del promedio de invierno. Se observan ráfagas de viento hasta de 20 m/s y cambios drásticos de temperatura (10 °C) durante el paso de varios sistemas de baja presión. Los registros de oleaje muestran el paso de 7 sistemas de oleaje de tormenta entre el 13 de enero y el 10 de febrero de 1998; durante este período, el arribo de olas hasta de 5 m con períodos hasta de 20 s., tuvieron un efecto devastador en la infraestructura costera y la morfología del perfil de la playa y la línea de costa. En este solo período, el volumen de arena removido fue de $66.9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}/\text{día}$ ocasionando que la cresta de la berma retrocediera 26m (2.3 m/día, casi el triple del retroceso observado para el período de noviembre 15, 1997 a enero 28, 1998).

Reunión Anual 2001

Sesión

Paleoceanografía y Paleoclimatología

Martes 6

SALA A

PP-01

QUATERNARY CLIMATIC MODULATION OF THE STRATIGRAPHY OF THE LAGUNA SALADA BASIN NORTHEASTERN BAJA CALIFORNIA, OBTAINED FROM GAMMA RAY SPECTRAL ANALYSIS

Juan Contreras and Arturo Martin-Barajas
 Depto. de Geología, CICESE
 Ensenada, B.C., 22860, México

The Laguna Salada basin in northeastern Baja California records late-Neogene marine incursions in the Salton Trough, progradation of the Colorado River delta, and subsequent tectonic subsidence related to the development of the Laguna Salada fault during late Pliocene time (<2 Ma). We present an spectral analysis of a gamma ray log from a geothermic exploratory well drilled by Comision Federal de Electricidad located 5 km west of the Laguna Salada fault on the eastern margin. The exploratory well cut through two major lithological units. The basal unit (>700 m thick) consists of well-sorted quartzose deltaic sandstones, which underlies a thick sequence (1800 m) of marine-lacustrine shaly deposits intercalated with thick sequences of alluvial conglomerates (upper unit). We carried out this spectral analysis to obtain the spatial frequencies associated to Milankovitch climatic cyclicity and to establish a high resolution time framework of the evolution of the Laguna Salada Basin.

The spectral analysis was carried out in the following way: first, we removed the high frequencies (corresponding to 1-5 m sedimentary packages) from the gamma ray log by means of denoising wavelet algorithms. Then, we detrended the gamma ray log with an 8th order polynomial that effectively removed wavelengths larger than 500 m. The power spectra of both lithological units, using the detrended and denoised signal, were then obtained. The spectra are shifted towards the low frequencies and power is distributed throughout the whole frequency range, however, several peaks can be identified on both spectra. For the basal unit, it is possible to identify two peaks at 0.0107 cycle/m (~93 m) and 0.0036 cycle/m (~280 m). We interpret these peaks to be related to the 100 kyr-period and 400 kyr-period eccentricity cycle. For the upper unit, the power spectrum shows maxima at 0.006 cycle/m (~166 m) and 0.0292 cycle/m (~34 m). Given the close ratio of 5:1 between these peaks we interpret these frequencies to be related to the 100 Kyr-period eccentricity cycle and the 21 Kyr-period precession cycle, respectively. Finally we used a band-pass filter to enhance these particular frequencies in the original gamma ray log. Comparison between the insolation curve for northern Baja California and the enhanced signal shows a good correlation of their maxima for the last 1.0 Ma.

Our analysis suggest that the first three larger amplitude cycles of the filtered signal correlate with the first three 400 kyr eccentricity cycles of the insolation curve for this region. Each of these megacycles are made up, in turn, of 3 to 4 smaller cycles, which seem to be under the control of the eccentricity cycle of about 100 kyr. The lower unit, however, shows poor correlation with the 400 and 100 kyr climatic cycles. This is probably due to a lower sedimentation rate and/or to poor response of the delta plain environment to Milankovitch cycles. Nevertheless, our analysis evidences the existence of a sedimentary pulse within the Laguna Salada basin that started at around 1.08 Ma. The average sedimentation rate over this period is 1.57 mm/yr, which contrast

with the sedimentation rate of 0.9 mm/yr prior to this date. Our analysis also indicates that this basin constitute an excellent site test for studies on the climatic control related to Milankovitch cyclicity during Quaternary time at this latitude.

PP-02

VARIABILIDAD CLIMÁTICA DURANTE EL CUATERNARIO TARDÍO EN EL NORTE DE MÉXICO: DESIERTO CHIHUAHUENSE

Ortega-Ramírez, J.¹, Maillol, J.M.², Fortier, G.², Bandy, W.¹, Valiente-Banuet, A.³, Urrutia-Fucugauchi, J.¹, Anderson, L.², Mortera-Gutierrez, C.A.¹, Martínez-Estrella, F.J.⁴ y Urbano-González, J.J.⁴

¹ Instituto de Geofísica, UNAM, México, D.F.

² Department of Geology and Geophysics, University of Calgary, Calgary, Canada

³ Instituto de Ecología, UNAM, México, D.F.

⁴ ESIA, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.

Estudio multidisciplinario de Geología del Cuaternario, Geofísica y Ecología, apoyados en 13 fechas absolutas de radiocarbono con un rango de 16,342 a 2800 años A. P. de dos regiones del norte de México: semiárida con 450 mm de precipitación/a-1 (Laguna de Babícora; 2100 msnm, 29.4° N, 107.7°W) y árida, con 238 mm/a-1 (Playa El Fresnal. 1200 msnm, 31.05°N, 107.3°W), indican: 1) ambientes húmedos durante los finales del Pleistoceno (>12 Ka) y en el Holoceno Temprano (11-8.9 Ka). Para el primer, se considera como la causa, la migración hacia regiones meridionales de los cinturones climáticos (circulación meridional), resultado de las diferencias térmicas entre las márgenes de los océanos Pacífico y Atlántico y el gran glaciar continental Laurentiano; y para el segundo, la anomalía climática del Younger Dryas y al efecto térmico tardío de los océanos ó, alternativamente, a la acción monsonica provocada por el incremento generalizado de la radiación solar. En estos periodos se infiere que, las precipitaciones invernales fueron abundantes, típicas de regímenes climáticos de zonas templadas; 2) ambientes áridos para el Holoceno Medio (8.9-4 Ka), resultado del máximo de insolación de verano, el cual produjo la migración de los vientos del oeste hacia latitudes septentrionales. Las altas temperaturas provocaron una mayor evaporación, lo cual explica la desecación generalizada de la mayor parte de los lagos del suroeste de los Estados Unidos y norte de México, la disminución de la humedad en suelos y reducción de la cubierta vegetal, inundaciones esporádicas, aumento en la producción y flujos de sedimentos y procesos de deflación y acumulación de sedimentos eólicos; y 3), para el Holoceno tardío (4 Ka-Presente), la insolación de verano y la intensidad de las lluvias de tipo monzónico disminuyeron hacia las condiciones actuales de semiáridéz y aridez de las regiones citadas respectivamente; sin embargo, las superficies de erosión, los depósitos de tipo 'debris-flow' y algunos restos de paleosuelos (horizontes Btk) identificados, indican que en este periodo ocurrieron cambios climáticos que produjeron condiciones climáticas más húmedas que las actuales como las reportadas para el Suroeste de los Estados Unidos entre 4,000 y 3,000 años y entre 2000 y 300 años A. P. ('Intervalo Neoglacial'). Lo cual implica un cambio en los principales patrones de circulación atmosférica y probablemente la migración en invierno, de los vientos del oeste hacia latitudes meridionales.

PP-03

LAMINATED SEDIMENTS IN BAY OF LA PAZ, GULF OF CALIFORNIA: A DEPOSITIONAL CYCLE REGULATED BY PLUVIAL FLUX

Molina-Cruz, A., Pérez-Cruz, L. and Monreal-Gómez, Ma. A.
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
Cd. Universitaria, Circuito Exterior s/n, México, D.F., 04510,
México
E-mail: amolina@mar.icmyl.unam.mx

Sedimentation rates at bahía de La Paz are relatively low (0.3 mm/year). Nevertheless, dark-light laminae couples, in average 3.35 mm thick, are defined in the sediments column. Terrigenous dilution regulates the color of individual sediment laminae; the greater the dilution, the darker the color, and vice versa. Terrigenous flux into the bay is mostly regulated by pluvial runoff. Both the period of extreme fluctuations in the regional pluvial record and the average time represented by dark-light laminae couples observed in a core from the bay are 11.2 years. This is consistent with the period of variation in sunspot cycles. Thus, suggesting it acts as the depositional control, indirectly.

PP-04

EXPORT PRODUCTIVITY AND RAINFALL IN THE LOWER GULF OF CALIFORNIA FOR THE LAST MILLENNIUM: PATTERNS OF SEDIMENTATION IN THE LA PAZ BASIN

Gladys Bernal y Juan Carlos Herguera
CICESE
Ensenada, B.C., México

Sediments in La Paz basin have high paleoceanographic potential. We carried out a study of two box cores sediments from the basin. The relative proportions of the main biogenic components of sediments were measured: biogenic opal, organic matter and calcite. Sediments fluctuate between two end members: biogenic opal and calcite. We found that calcite modulates sedimentation in the basin, and maintains high negative correlation with the rest of the sediment components, specially the terrigenous proportion. Foraminifer counts and its fragmentation were used as additional indicators of calcite behavior through time. According with chronology, based on radioisotopes and intercorrelation between cores, it was possible to establish a hypothetical model of sedimentation in the basin, where the main control is exported productivity. The cores indicated three periods of high productivity, around the years 1000, 1500 and 1890. 1500 and 1890 events coincide with a cooling in the Northern Hemisphere anomalies series presented by Mann et al. (1998). This could indicate other global cooling around 1000 A.D.

PP-05

DINOFLAGELADOS Y POLEN EN SEDIMENTOS MARINOS LAMINADOS DE LA CUENCA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR

Loira Banda, Patricia Núñez-Pérez y Javier Helenes
Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Los sedimentos marinos laminados contienen información detallada de las condiciones biológicas y fisicoquímicas de la cuenca en donde se depositaron. Los palinomorfos preservados dentro de este tipo de sedimentos, nos ayudan a estimar algunos parámetros paleoceanográficos. La mayoría de las investigaciones de sedimentos marinos del Golfo de California han sido basados, principalmente, en el análisis de foraminíferos, diatomeas y algunas descripciones de dinoflagelados. Hasta el momento no se cuentan con estudios paleoceanográficos basados en la distribución de quistes de dinoflagelados y polen en esta región.

Se analizaron 62 muestras de un núcleo tomado a 745 m de profundidad en la Cuenca de La Paz, Baja California Sur, México. Dataciones con radiocarbono indican que el núcleo comprende aproximadamente los últimos 1000 años (desde 928 a 1982). Las muestras fueron tratadas con la técnica palinológica convencional y se utilizaron tabletas de *Lycopodium* para estimar el número de especímenes en los sedimentos.

Encontramos 21 taxa de palinomorfos marinos, incluyendo quistes de dinoflagelados, testas internas de foraminíferos, escolecodontes y huevos de copépodos. De las 14 especies de los quistes de dinoflagelados identificados, 12 pertenecen al orden *Gonyaulales* y 2 al orden *Peridaniales*. La especie más abundante fué *Spiniferites ramosus*, cuya presencia se registró en casi todas las muestras. La mayoría de las especies de quistes identificados en este estudio se encuentran en ambiente de nerítico interno a externo y algunas a ambiente oceánico.

También identificamos 22 taxa de polen y los más abundantes fueron los pastos y pinos. Otros taxa comunes, tales como *Agave*, *Atriplex* y *Aster* fueron transportados probablemente desde zonas circundantes, ya que se distribuyen en las costas de Baja California y Sonora. Mientras que las especies de *Pinus* y *Abies* fueron probablemente transportados por el viento hacia el sur, desde la Sierra San Pedro Mártir, ya que *Abies* solo se presenta en la actualidad en esta sierra.

Se diferencian dos intervalos de palinomorfos. El inferior dominado por el dinoflagelado *S. ramosus*, incluye desde 973 a 1303. El superior presenta un incremento en *Gramineae* y una disminución notable de *S. ramosus*. Este intervalo superior comprende de 1370 a 1976, lo que es aproximadamente sincrónico con la Pequeña Edad del Hielo (ca.1300-1850). La abundancia de dinoflagelados en el intervalo inferior del núcleo puede indicar menor flujo de material terrígeno que alcanzó a sedimentarse en la cuenca. El incremento en los pastos en el intervalo superior, puede ser interpretado como una consecuencia de mayor frecuencia y/o intensidad en las precipitaciones pluviales.

SOBRE LA RELACIÓN DE LOS FORAMINÍFEROS PLÁNTICOS CON LA TEMPERATURA Y EVENTOS EL NIÑO

Beatríz Contreras Ruíz Esparza y Juan Carlos Herguera García
 Depto. Ecología Marina, División Oceanología, CICESE

Con la finalidad de encontrar indicadores confiables que nos permitan reconstruir las condiciones oceánicas en el pasado, exploramos la relación de los cambios de abundancia de ciertas especies de foraminíferos planctónicos y los cambios ambientales de los cuales se dispone información instrumental. Se utilizaron datos obtenidos a partir de sedimentos de la Cuenca San Lázaro, Baja California (últimos ~100 años) y se compararon con los registros instrumentales disponibles para la zona.

Se encontró una buena concordancia entre la serie de tiempo de *G. bulloides* y el promedio de temperatura superficial del mar en invierno desde 1920. El porcentaje de *G. bulloides* aumenta cuando ocurre un descenso en temperatura y viceversa. También encontramos que *G. bulloides* y *G. glutinata* están en contrafase. Por lo que posiblemente *G. glutinata* pueda ser un indicador independiente que corrobore la información derivada de *G. bulloides*.

La simbiosis con organismos fotosintetizadores le permite a los foraminíferos sobrevivir en condiciones oligotróficas. Generamos un índice utilizando las especies de foraminíferos que viven cerca de la superficie. Se calculó la proporción de las especies con simbiosis con respecto a las asimbiosis. El índice resultó ser un buen indicador de los años Niño. La proporción de las especies con simbiosis/asimbiosis aumenta durante estos eventos y disminuye en condiciones normales.

La proporción de *G. bulloides* y el índice de las especies superficiales con simbiosis contra las asimbiosis resultaron ser buenos indicadores de las condiciones ambientales en el pasado reciente por lo que esperamos que sean una buena herramienta para reconstrucciones a mayores escalas de tiempo.

VARIABILIDAD DECADAL EN LAS TEMPERATURAS DEL MAR SUPERFICIAL Y RESPUESTA DE LA PRODUCTIVIDAD BIOLÓGICA: REGISTROS DE ALTA RESOLUCIÓN DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA

J.C. Herguera¹, G. Bernal¹, S. Ramos Sanchez¹, A. Molina-Cruz², y B. Acosta Molina¹

¹ CICESE

Ensenada, B.C., México

² ICMYL, UNAM

México, D.F.

Presentamos resultados derivados de una reconstrucción de alta resolución de las propiedades de la superficie del mar en el extremo meridional de la Corriente de California con el objetivo de i) caracterizar la variabilidad del flujo de la Corriente para períodos mas largos y anteriores a los del registro instrumental y ii) recuperar las periodicidades decadales que modulan su variabilidad física y biogeoquímica. Nuestro lugar de estudio esta caracterizado por tener unos niveles relativamente elevados de productividad primaria en parte como consecuencia de la advección de aguas de la Corriente de California, frías y ricas en nutrientes así como de los procesos de surgencias asociados durante la primavera y verano en esta región responsables de la producción y exportación al fondo de materia orgánica, de los caparzones opalinos y calcíticos que propician la formación de las láminas claras en el fondo de la Cuenca de San Lázaro. Los índices microfaunísticos y geoquímicos preservados en estos sedimentos registran las variaciones en el flujo de la Corriente de California y su respuesta biológica representada en los grupos preservados en los sedimentos de foraminíferos y radiolarios. Los registros de temperaturas superficiales se obtuvieron independientemente a partir de las asociaciones de foraminíferos plánticos como del índice de subsaturación de las alquenonas (U_{37}^k) y comparados con el registro instrumental de las TSM dedrivado de la base de datos compilada por COADS para esta región meridional de la Corriente de California. Las TSM derivadas a partir de ecuaciones de transferencia sobre las variaciones observadas en la composición de los foraminíferos plánticos capturan parcialmente la variabilidad del registro instrumental lo que comparamos con la recuperada del registro istópico y el de las alquenonas. Discutiremos los resultados obtenidos en las bandas decadal a centenaria y la respuesta ecológica a esta variabilidad física para los últimos tres siglos en términos de los patrones de circulación a gran escala del Pacífico Norte.

Reunión Anual 2001

Sesión

Posicionamiento Global Satelital (GPS) y sus Aplicaciones en Ciencias de la Tierra

Martes 6

SALA D

GPS-01

CONTINUOUS GPS MEASUREMENTS IN COLIMA, MEXICO, 1993-2001: IMPLICATIONS FOR THE KINEMATICS OF RIVERA PLATE SUBDUCTION

Bertha Marquez-Azua and Charles DeMets
 Universidad de Guadalajara
 University of Wisconsin, Madison

A better understanding of the mechanics of slip along the Rivera plate subduction interface requires observations throughout its seismic cycle. Annual measurements since 1995 in a 25-site GPS network in the states of Colima and Jalisco provide excellent spatial sampling of the coseismic and postseismic displacements associated with the Oct. 9, 1995 $M=8.0$ Colima-Jalisco earthquake (Hutton et al., 2001), but have limited temporal resolution and contain no information about motion prior to the earthquake. We present and discuss implications of new results from continuous GPS measurements collected by INEGI at two sites in the city of Colima during 2/1993-6/2001, including a unique estimate for the rate and direction of strain accumulation during the years prior to the Colima-Jalisco earthquake. Precise 3D coordinate time series determined using GIPSY software yield day-to-day coordinate scatter comparable to other continuously operating GPS receivers. In a North American reference frame, strain accumulated steadily toward the ENE at a rate of 15 ± 4 mm/yr from 2/93-10/95. Slip during the 1995 earthquake pointed in the opposite direction, implying that the principal locking zone prior to the earthquake became the principal zone of coseismic rupture. Post-seismic displacements are consistent with logarithmic decay, but are directed to the SSW, implying that most fault afterslip occurred southeast of the principal coseismic rupture zone. By mid-1997, the cumulative postseismic slip was two-thirds of the coseismic slip. Since mid-1997, the Colima GPS site has exhibited steady SSW-directed strain accumulation at a rate equal to only one-fifth that exhibited prior to the 1995 earthquake. We speculate that the slower rate results from a superposition of interseismic and postseismic processes that include relocking of parts of the subduction interface, deep afterslip, viscoelastic rebound in the lower crust and upper mantle, and a largely decayed poroelastic response.

GPS-02

CONTINUOUS GPS DATA IN GUERRERO AND OAXACA: A PRELIMINARY REPORT

Wallis Hutton, Sara Ivonne Franco Sanchez, Vladimir Kostoglodov and Jose Antonio Santiago
 Depto. de Sismologia, Instituto de Geofisica, UNAM

Eight permanent stations in the states of Guerrero and Oaxaca have been operated by the Seismology Department at UNAM for a period of from 1-3 years. Although the velocities are not well constrained for the sites operating less than one year, we observe some interesting trends.

Data quality for these sites is good. Statistical analyses demonstrate that errors obtained for the estimates of position are within the acceptable range for GPS data. We observe deviations in daily position estimates from a yearly mean position of from 4-6 mm for the north component, 5-7 mm for the east component, and 9-13 mm for the vertical component.

Two inboard sites, IGUALA and YAUTEPEC are both located south of the deforming volcanic axis but show very different horizontal and vertical motions. The horizontal motion of Yautepec, with respect to stable North America, is less than the uncertainties and we therefore suggest that the motion of this site is not distinct from that of the North American plate. The direction of motion is rotated slightly counterclockwise from the expected direction. We also see rapid subsidence at this site, perhaps due to aquifer depletion which could account for the difference between the observed and expected directions. Iguala, with less than one year of data, exhibits velocities and directions of motion inconsistent with those expected. However, the short time series gives us little confidence in these data.

Four coastal sites, ACAPULCO, CAYACO, HUATULCO, and ZIHUATENEJO exhibit very similar motions despite the fact that these sites, with the exception of Cayaco, have operated for barely one year. The horizontal motions, with respect to a fixed North American plate, are in the direction predicted (approximately 33 degrees clockwise of north) but with only about 40% of the predicted plate rate. This verifies, to first order, the predicted degree of coupling between the North American and Cocos plates. The vertical motions may imply something about the existence of the Guerrero seismic gap. Acapulco and Cayaco, within the Guerrero gap are subsiding at 13.5mm/yr while just outside the gap, Zihuatenejo has a vertical motion equal to the uncertainties and therefore essentially no vertical motion. Further south and well away from the Guerrero gap, Huatulco is experiencing uplift of 11.3 mm/yr.

Longer time series will provide better estimates of both horizontal and vertical velocities as well as a continuous record of crustal deformation during this interseismic portion of the seismic cycle.

GPS-03

DEFORMATION IN THE COLIMA-JALISCO REGION FROM MIXED-MODE GPS MEASUREMENTS: EVIDENCE FOR RE-LOCKING OF THE RIVERA PLATE SUBDUCTION INTERFACE

Osvaldo Sánchez¹, Wallis Hutton¹, Charles DeMets², Tim Masterlark² and Joann Stock³

¹ Instituto de Geofisica, UNAM

² University of Wisconsin, Madison

³ California Institute of Technology

We report evidence for relocking of the shallow regions of the Rivera plate subduction interface following a 1.5-2 year period of postseismic adjustment following the $M=8.0$, Oct. 9, 1995 Colima-Jalisco earthquake. Annual and semi-continuous GPS measurements between March, 1998 and March of 2001 in a 25-site geodetic network spanning Colima and Jalisco yield site displacements are best fit by elastic half-space models that combine frictional relocking of the subduction interface above depths of 16 km with slow downslip beneath the coast at depths of 16-25 km. GPS coordinate time series for near-coastal sites display a gradual transition during 1997 from deformation that was dominated by postseismic fault afterslip to deformation dominated by strain accumulation. Modeling results also suggest that the southern Colima graben represents an important upper crustal discontinuity, with the only two geodetic sites SE of the graben exhibiting significantly different behavior than sites farther to the northwest.

Results from 3D finite element modeling of the Colima-Jalisco region and Rivera plate subduction zone allowing for realistic poroelastic and viscoelastic responses to the coseismic load and realistic crustal properties will also be described.

GPS-04

OBSERVACIONES PRELIMINARES DE LA DEFORMACIÓN INTERSÍSMICA A LO LARGO DE LA COSTA DE GUERRERO USANDO DATOS DE GPS

Sara Ivonne Franco Sánchez, Javier Alvarado Noe, Wallis Hutton, Vladimir Kostoglodov, Julio Mimiaga Mendoza y Osvaldo Sánchez Zamora

Depto. de Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM

Con el propósito de entender mejor los procesos de deformación intersísmica que ocurren en una zona de subducción, y el comportamiento en la interfase de dicha zona, se ha establecido en el estado de Guerrero, México, una red de monitoreo GPS. Ésta red esta compuesta actualmente de 21 estaciones temporales y 4 estaciones permanentes distribuidas a lo largo y ancho de la franja de deformación. Este proyecto involucra trabajo de investigadores y estudiantes de la UNAM así como investigadores de la Universidad de Colorado, en Boulder.

Desde 1992 a la fecha se han efectuado cuatro campañas GPS. Los datos adquiridos a partir de ellas así como los provenientes de una estación permanente que empezó a funcionar hace 4 años muestran la distribución temporal del desplazamiento intersísmico, además de la existencia de un evento lento en 1998. Hay evidencia preliminar que apunta hacia la subsistencia de un cambio del régimen sismotectónico en diferentes secciones de la zona conocida como “la brecha sísmica de Guerrero”.

Además de describir los aspectos temporales del desplazamiento intersísmico planeamos discutir los primeros resultados de modelación mostrando la extensión y la cantidad de acoplamiento en la falla de subducción.

GPS-05

SILENT SLIP EVENT IN NW GUERRERO SEISMIC GAP, MEXICO

V. Kostoglodov, K.M. Larson, A.R. Lowry, W. Hutton and R. Bilham

Instituto de Geofísica, UNAM, Mexico
University of Colorado, Boulder

Aseismic slip events seem to be rather common than exceptional in subduction zones. Unfortunately episodic silent slips are normally overlooked by traditional geodetic surveys. Strain and tilt instrumentation or continuous GPS, gravity or tide gage observations are needed to reveal the duration and spatial development of episodic creep processes. Recent accurate and continuous GPS monitoring commenced detecting of slow events of this type with different amplitude and duration. For instance in Japan (Ozawa *et al.*, 2001) and Cascadia (Dragert *et al.*, 2001). Continuous GPS record at Cayaco located in the middle of the NW Guerrero seismic gap (CAYA GPS station has been operating since January 1997) shows a general long-term tendency of NE slow inland motion of the site, which is in agreement with a hypothesis

of the interseismically coupled plate interface in the gap. Nevertheless over a period of several months during early 1998 the CAYA GPS record revealed a static displacement of 2 mm east, 26 mm south and 16 mm up. A number of possible mechanisms generating this anomalous static displacement were examined. Those are: monument instability, gravitational slumping, groundwater variations, changes in GPS equipment and the reference frame, coseismic slip from background seismicity. All these factors were rejected with a high confidence as the source of the anomalous displacement signal at CAYA. Different interface slip models can simulate a surface deformation that fit the observed anomaly. One of the plausible models accounts this static crustal deformation for a result of slow transient slip on the lower boundary of the subduction seismogenic zone in Guerrero. Moment release estimates for this silent slip event is equivalent to the earthquake of $M_w \sim 6.5-6.8$. This event does not have any clear relationship with previous large earthquakes on the Mexican subduction zone.

GPS-06

FAULT PROPERTIES AND SEISMIC HAZARD IN THE GUERRERO GAP

A.R. Lowry, V. Kostoglodov, K.M. Larson, O. Sanchez and W. Hutton

University of Colorado, Boulder

Geodetic data from the Guerrero gap include level lines, campaign and continuous GPS, long-baseline tilt and tide gauge measurements. These data indicate that the subduction interface is currently locked between the Guerrero coast and the mid-America trench, and that transient motion in 1998 resulted from an aseismic slip event on the subduction interface. The aseismic slip event propagated along strike of the subduction interface, slightly down-dip of the locked portion of the fault. The anomalous slip behavior was similar to two other aseismic slip events seen in Japan [Ozawa *et al.*, 2001] and Cascadia [Dragert *et al.*, 2001]. Modeling of time-dependent friction on faults suggests that aseismic slip events can occur without generating seismic rupture if fault frictional properties are velocity strengthening (i.e., friction increases with increasing slip velocity). This would imply that the portion of the subduction interface that slipped in 1998 will not generate large seismic ruptures in the future. However, the strong locking of the subduction interface up-dip of the slip event, and background seismicity in the locked zone up to magnitude $M \sim 5$, indicate that friction is velocity-weakening seaward of the coast. Hence, future large earthquakes can be expected on the seaward portion of the subduction interface in the Guerrero gap. The current strain accumulation could generate an event with moment magnitude M_w greater than or equal to 8.0.

GPS-07

DETERMINACIÓN DE ZONAS DE PELIGRO POR INESTABILIDAD DE TALUD EN EL CERRO CHIQUEHUITÉ, DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO, D.F., MEDIANTE TÉCNICAS DE GPS

M.A. Martínez-Yáñez, F. Correa-Mora y E. Cabral-Cano
Instituto de Geofísica, UNAM

Los habitantes de la colonia La Pastora, ubicada en la ladera poniente del Cerro del Chiquihuite al norte de la Cd. de México, han sido afectados por deslaves de tierra, así como algunos desprendimientos de rocas durante los últimos 3 años. En Abril del 2000 se instalaron 12 puntos de control en la ladera norte del cerro y una estación de referencia en la cima con el fin de dar un seguimiento periodico y cuantificar posibles movimientos diferenciales de la zona de piedemonte. A la fecha se han realizado más de 13 campañas en las que se emplearon técnicas de GPS diferencial para obtener la posición relativa de los puntos de control respecto a la estación de referencia. Con el análisis de las series de tiempo obtenidas es posible caracterizar las zonas de peligro y detectar los lugares más susceptibles a sufrir nuevos deslizamientos. Actualmente es posible observar variaciones de más de 10 cm en algunos de los sitios de medición. Esto sugiere un movimiento diferencial o reacomodo de la zona de piedemonte, posiblemente relacionado con el sistema de fallas reconocido localmente.

GPS-08 CARTEL

INTERCOMPARACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS DE SOLUCIÓN Y SU APLICACIÓN EN EL MONITOREO DE DEFORMACIÓN SUPERFICIAL EN VOLCANES ACTIVOS MEDIANTE GPS

F. Correa-Mora y E. Cabral-Cano
Instituto de Geofísica, UNAM

La actividad reciente del volcán Popocatepetl ha modificado sensiblemente la calidad de vida de las poblaciones cercanas. A partir de 1994 se ha integrado una red de 9 estaciones GPS de operación continua con el objetivo de caracterizar la deformación del aparato volcánico y conocer mejor los procesos magmáticos que operan en su interior. Actualmente existe un retraso de 15 a 20 días en la obtención de una solución utilizando posicionamiento mediante órbitas precisas, el cual es necesario para obtener la mejor precisión posible. Por otra parte la solución utilizando órbitas predichas tiene un retraso de aproximadamente 12 horas, lo cual es aún insuficiente para poder realizar un pronóstico a corto plazo. En este trabajo se analiza la comparación en la variación de líneas de base obtenidas a partir de la solución basada en técnicas diferenciales con el de una solución utilizando órbitas precisas. El objetivo que se busca es el de validar metodologías que permitan soluciones más rápidas para poder caracterizar tendencias en la deformación superficial de estructuras volcánicas en intervalos de unas cuantas horas y con un tiempo de respuesta de unos cuantos minutos. El análisis se realizó en dos estaciones de la red DefNet que opera el Laboratorio de Cartografía Digital (<http://cardi.igeofcu.unam.mx>) instaladas en el volcán Popocatepetl con una serie de tiempo de 90 días y utilizando únicamente observaciones de una sola frecuencia (L1). Los resultados muestran una tendencia similar en la línea base, haciendo factible su utilización para la obtención de un elemento útil en la toma de decisiones para las autoridades de protección civil.

Reunión Anual 2001

Sesión

Recientes Avances en Paleomagnetismo y Arqueomagnetismo

Martes 6 — Miércoles 7

SALA A

RAPA-01

MESOZOIC TRUE POLAR WANDER : PALEOMAGNETIC EVIDENCE AND PHYSICAL CONSTRAINTS

Michel Prévot

(Conferenciante Invitado)

Laboratoire de Géophysique, Tectonique et Sédimentologie,
CNRS and Université de Montpellier 2, France

A recent compilation (Prévot *et al.*, 2000) of severely selected paleomagnetic data obtained from continental magmatic rocks collected from the six main lithospheric plates showed the absence of significant relative movement between the Earth's rotation axis and the Atlantic and Indian Oceans hotspot reference frame over the last 80 Ma, while a deviation amounting to 35° in total is observed between 80 and about 140 Ma. If this hotspot frame is fixed with respect to the lithosphere, the angular deviation observed corresponds to True Polar Wander (TPW, defined in the paleomagnetic literature as a displacement of the rotation axis with respect to the lithosphere as a whole). Alternatively, it is possible to deny the occurrence of TPW by assuming that this is the hotspot frame rather than the rotation axis which moves with respect to the whole lithosphere. These two opposite interpretations can not be tested from the paleomagnetic data set used to compute the change with time in the position of the global paleomagnetic pole because only the relative deviation between the hotspot frame and the rotation axis can be determined this way. Therefore, it is important to consider the physical constraints applying to both models. The physical explanation of TPW rely on the fact that, in the long term, the direction of the rotation axis of a rotating body has to be aligned along the major axis of its inertia tensor. It is expected that large-scale mantle convection can modify the mass distribution within the mantle, which modifies in turn the Earth's non-hydrostatic inertia tensor and, consequently, the orientation of the rotation axis. Under the assumption that the lithosphere and the mantle are tightly coupled, this displacement of the rotation axis is identical to the TPW referred to by paleomagnetists. An alternative hypothesis, known as "mantle roll", pretends to offer an alternative to the TPW interpretation. In this model, the deviation between the rotation axis and the hotspot reference frame is supposed to be due to a rotation of the hotspot frame with respect to the lithosphere. This movement is explained by an Eulerian rotation of the entire Earth's mantle (assumed to be decoupled from the lithosphere). However, this interpretation is physically incoherent : the orientation of the Earth's rotation axis being in fine imposed by the distribution of matter within the mantle, rotating the mantle as a whole rotates similarly the Earth's non-hydrostatic inertia tensor. Consequently, mantle roll, which is supposed to provide an alternative to TPW, is in fact a (hypothetical) geophysical process which would produce TPW. Another model, also presented as an alternative to TPW, assumes a large scale differential movement between the mantle underlying the Pacific plate and the mantle below the Atlantic Ocean. This model suffers from the same drawbacks as the mantle roll model. In particular, large scale differential motions of large parts of the mantle would evidently alter the non-hydrostatic inertia tensor of the Earth and thus produce some True Polar Wander. These differential mantle movements can be expected to result in having both the hotspot reference frame and the rotation axis moving (independently from each other) with respect to the lithosphere. Thus TPW occurs, but it is incorrectly measured by the deviation between the hotspot frame and the rotation axis. The only

hypothesis which does not imply some built-in TPW is that the large-scale pattern of mantle flow can move some groups of hotspots with respect to each others without changing the large-scale density distribution within the mantle. In the present case, this model requires that the two Atlantic hotspots have moved in unison with respect to the lithosphere between 80 and 140 Ma. This hypothesis can be checked by direct paleomagnetic measurements on hotspot magmatic products, however no decisive data have been obtained so far.

RAPA-02

PALEODIRECTIONAL AND PALEOINTENSITY RESULTS FROM SAN CRISTOBAL AND GARCIA DE LA CADENA VOLCANIC SUCCESSIONS, (JALISCO AND ZACATECAS STATES, CENTRAL MEXICO)

Victor Manuel Flores Rios¹, Avto Gogichaishvili², Luis Alva-
Valdivia², Jose Rosas Elguera³, Annick Chauvin⁴ and Jaime
Urruria-Fucugauchi²¹ Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN² Instituto de Geofísica, UNAM³ Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Guadalajara⁴ Lab. de Paleomagnetismo, Univ. Rennes, Francia

We sampled a sequence of 56 volcanic units (mostly basaltic lava flows) in the central part of Trans Mexican Volcanic belt (TMVB), in two separate stretches. A detailed rock-magnetic, paleomagnetic and paleointensity study was carried out in order to obtain some decisive constraints for the tectonic evolution of TMVB and for the geomagnetic field strength during Miocene time. Age of the volcanic units lies between 8 and 11 Ma according to available radiometric data. Most of the rocks exhibited well-defined one component remanent magnetization with high unblocking temperatures (mostly above 525°C) and high median destructive fields (30-50 mT). Very small secondary components, probably of viscous origin, were easily removed applying 250-300 °C or 10-15 mT. Two different types of behavior were observed during low-T susceptibility experiments: In first cases, the curves show a rather monotonic decrease from about -185°C to room temperature yielding very poorly defined inflection point at about -150°C. In other cases a well defined pick was observed around the same temperature, which probably indicate to Verwey transition, characteristic of almost pure magnetite. All units (lava flows, dikes and backed sediments) sampled at San Cristobal locality yield normal polarity magnetization and those belonging to Garcia de la Cadena are reverse. With these results, when combined with K-Ar ages, a direct correlation with the reference geomagnetic polarity time scale can be made. The mean paleodirection calculated after discarding intermediate polarity sites is I=32.7°, D=349.4°, k=136, a95=4.2°. The mean inclination is in reasonably good agreement with the expected inclination for the middle Miocene time, as derived from reference poles given by Besse and Courtillot (1991) for North America. The declination, however, is different from that expected (D=1.2°). This may suggests a mean tectonic counterclockwise rotation of about 10°. Seventy-two samples with high Curie point (about 580°C) were chosen for Thellier paleointensity experiments. We accepted only determinations: (1) obtained from at least 6 NRM-TRM points corresponding to a NRM fraction larger than 1/3, (2) yielding quality factor (Coe, *et al.*, 1978) of about 5 or more, and (3) with positive 'pTRM' checks. In

addition, we rejected two flows (5 samples) which yielded within-flow standard deviation higher than 30%. The site mean paleointensities are ranging from 21.2 ± 3.1 to 44.8 ± 4.3 mT, which are in reasonably good agreement with the previously reported Miocene values from Central Mexico.

RAPA-03

SOME NOVELTIES IN PALEOINTENSITY DETERMINATION: DEALING WITH NONLINEAR THELLIER AND PSEUDO-THELLIER DATA AND MULTIVECTORIAL PALEOINTENSITIES

David J. Dunlop and Yongjae Yu
(Conferenciante Invitado)

Geophysics, Physics Dept, University of Toronto, Toronto, ON,
Canada, M5S 1A7

Curvature of paleointensity data on an Arai plot is usually a sign of chemical alteration during heating. However, multidomain (MD) and larger pseudo-single-domain (PSD) grains give persistent curved characteristics even when no alteration is occurring. In pseudo-Thellier determinations of relative paleointensity, which uses AF demagnetization of NRM and acquisition of partial ARM in place of thermal demagnetization of NRM and acquisition of partial TRM, the analog to the Arai plot (NRM remaining vs. pARM acquired) is also convex downward, although not as strongly as in the case of pTRM. Microscopic models for this behavior and possible remedies will be presented. Another novelty in paleointensity determination is the possibility of extracting two paleofield estimates, for the primary NRM and for a secondary pTRM overprint. Multivectorial NRMs of this type are frequent in orogenic belts and in metamorphic rocks generally. Because thermal overprinting often occurs long after primary magnetization, the difference in directions can be considerable and conventional scalar Arai plots are not suitable. We will present two case-histories for rocks from the Precambrian Grenville Province of Ontario in which the primary and overprint vectors are at large angles (about 60 degrees and 90 degrees, respectively) and also model studies of paleointensity determination for multivectors at these and other angles (including 180 degrees, overprinting following field reversal).

RAPA-04

AN ATTEMPT TO DETERMINE THE MICROWAVE PALEOINTENSITY ON PARICUTIN VOLCANO LAVA FLOWS

Avto Gogichaishvili¹, Juan Morales², L. Alva-Valdivia¹, Martin Gratton², John Shaw² and Jaime Urrutia-Fucugauchi¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² Geomagnetism Lab., University of Liverpool, UK

We report a detailed rock-magnetic and microwave paleointensity investigation of historic lava flows of the Parícutin volcano, which span the period between 1943 and 1948. These lava flows seem ideal for absolute intensity study, with well preserved well-exposed, fresh and extensive outcrops. Most of samples are characterized by simple univectorial plots. The IRM curves show saturation at low/moderate fields, indicating to the titanomagnetites series. Hysteresis experiments also indicate that magnetic carriers are likely iron-rich titanomagnetites that present single-domain or pseudo-single-domain behavior. Microwave paleointensity

technique was applied on three selected samples using Kono and Ueno's (1979) method; i.e. the direction of applied laboratory field was perpendicular to the direction of remanent magnetization. All three samples yielded different paleointensity values: 11.39, 25.65 and 58.09 microTesla. This difference may be owned from the fact that only a small fraction of natural remanent magnetization was used for paleointensity determination.

RAPA-05

A BRIEF REVIEW OF MICROWAVE MAGNETIZATION

Derek Walton

(Conferenciante Invitado)

Dept. of Physics and Astronomy, McMaster University
Hamilton, Ont. L8S 4M1, Canada

It is best to start by disposing of 2 common misconceptions among palaeomagnetists with regard to microwave effects, probably best illustrated by referee reports I have received:

1) A proposal for support to the NSERC of Canada was dismissed with the remark that that palaeomagnetists had tried it and it hadn't worked. What the referee didn't understand was that putting bricks in microwave ovens was not the same thing. The first proposal to do the job properly was an earlier one to the SERC in the UK by myself and Don Tarling. It failed but for a different reason, the referee said it wouldn't work because

2) "You don't know the temperature of the magnetic grains". He is right but it doesn't matter because the power and exposure time are reproducible with the result that it is possible to perform a "microwave Thellier" experiment. John Shaw and Mimi Hill have recently shown that the thermal and microwave methods yield identical results. On the other hand there is distribution of temperatures among the grains which complicates the removal of undesirable components.

The frequency is important because the microwaves heat the magnetic grains by generating spin waves in the magnetic system. The matrix is not magnetic, and it is only heated by conduction from the magnetic grains. Therefore its temperature remains relatively low, and that accounts for the success of the microwave method.

In order to generate spin waves the microwave frequency must be higher than twice the lowest spin wave frequency. This creates a problem for very small grains: quantum confinement limits the spin wave wave-length to a scale on the order of the grain size, and since the spin wave frequency increases with decreasing wave-length this frequency can be very high. For grains at the superparamagnetic boundary at room temperature this frequency is too high for practical purposes. This means that demagnetization starts with grains whose blocking temperature is above room temperature. The higher the frequency, the closer to room temperature will be the starting point. The remaining grains, which are not on speaking terms with the microwaves, can be demagnetized, but only by raising their temperature with the attendant risk of alteration. This is why it is important to use the highest practical frequency, and also why it is so easy to get poor results at low frequencies.

RAPA-06

APORTACIONES A LA INTENSIDAD DEL CAMPO GEOMAGNÉTICO DEL PLIO-PLEISTOCENO: CAMPO VOLCÁNICO LOS TUXTLAS, VERACRUZ, MÉXICO

Luis M. Alva-Valdivia, Avto Gogutchichvili and Jaime Urrutia-Fucugauchi

Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
Mexico, D.F., 04510, Mexico

Estudios de paleointensidad, paleomagnético y de magnetismo de rocas se efectuaron en trece flujos volcánicos del campo volcánico Los Tuxtlas (Faja Volcánica Mexicana), para definir condiciones que ayuden a definir la intensidad del campo geomagnético durante el Plio-Pleistoceno. La edad de las unidades volcánicas, que da estimaciones confiables de paleointensidad, esta entre 2.2 y 0.8 Ma de acuerdo a edades radiométricas disponibles. Los resultados termomagnéticos revelan que la remanencia la portan en muchos casos titanomagnetitas pobres en Ti. Los espectros de temperaturas de desbloqueo y la relativamente alta coercitividad, sugieren pequeños granos magnéticos de dominio pseudo-sencillo para esas titanomagnetitas. Se observaron componentes univectoriales durante el proceso de desmagnetización en la mayoría de casos. Seis flujos muestran magnetización con polaridad inversa, cinco estan magnetizados normalmente y uno muestra polaridad intermedia. Se detectó el efecto de relampágos en un flujo. La posición polar media obtenida es $Plat=83.7^\circ$, $Plong=178.1^\circ$, $K=36$, $A95=8.1^\circ$, $N=10$ y la paleodirección correspondiente es $I=31.3^\circ$, $D=352^\circ$, $k=37$, $a95=8.2^\circ$, que no es significativamente distinta de la dirección esperada de la dirección estimada de la curva de desplazamiento polar aparente para Norteamérica. Se seleccionaron 39 muestras para hacer experimentos de paleointensidad (Thellier) en base a su estabilidad de magnetización remanente y relativamente baja dispersión dentro de cada sitio. Solo 21 muestras, provenientes de cuatro flujos de lava, dieron estimaciones de paleointensidad confiables con un momento dipolar virtual (VDM) de flujo medio que varía desde 6.4 hasta 9.1×10^{22} Am². La combinación de datos contemporáneos mexicanos con resultados de paleointensidad de calidad similar para el Plioceno da un VDM medio de 6.4×10^{22} Am², que es casi el 80% del campo dipolar geomagnético axial actual. Resultados de paleointensidad confiables para los últimos 5 Ma son aún escasos y de calidad variable. Se necesitan determinaciones de alta calidad de intensidad absoluta para definir mejor la intensidad del campo geomagnético durante el período Plio-Pleistoceno.

RAPA-07

AN INTEGRATED PALEOMAGNETIC STUDY ALONG THE TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT: PRELIMINARY RESULTS

Jose Antonio Gonzalez¹, Christopher Pluhar², Rob Coe², Avto Gogichaishvili¹, Xixi Chao², Luis Alva-Valdivia¹, Jose Rosas Elguera³, Elsa G. Lavery², John Lyons² and Jaime Urrutia-Fucugauchi¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² Earth Sciences Dept. University of California Santa Cruz

³ Centro de Geociencias, Universidad de Guadalajara

About 550 standard paleomagnetic cores belonging to 67 volcanic units were sampled to test the hypothesis of large-scale left-lateral displacement along the TMVB and to conduct experiments on some selected basalt flows to determine absolute paleointensity of the geomagnetic field, a fundamental constraint that is needed for recent supercomputer models of the geodynamo. Age of the volcanic units lies between 13.5 and 4.2 Ma according to available radiometric data. Isothermal remanent magnetization curves show that saturation is reached in moderate fields of the order of 100-200 mT, which indicates to a spinel phase. Judging from the ratios of hysteresis parameters, it seems that the samples fall in the pseudo-single-domain grain size. This probably indicates a mixture of multidomain and a significant amount of single-domain grains.

In most samples a single and stable component of magnetization was observed upon both alternating field and thermal treatment. A generally minor secondary component, probably a viscous overprint from the recent field, was present but was easily removed. Three sites are characterized by unusually high intensity and scattered NRM directions. Both factors may point to strong lightning-produced magnetization overprint. These samples will be rejected for further paleomagnetic analysis. The median destructive fields (MDF) range mostly in the 30-50 mT interval. Unblocking temperatures range from 550 to 570°C, which points to almost pure magnetite as remanence carrier. These results permit a direct correlation with the reference geomagnetic polarity time scale. The mean paleodirections calculated after discarding intermediate polarity units are concordant with the expected directions for the Mio-Pliocene time. According to Rock-magnetic data and remanence measurements, more than 100 samples were pre-selected for Thellier paleointensity experiments.

RAPA-08

SINGLE GRAIN THELLIER PALEOINTENSITY EXPERIMENTS ON OLIGOCENE VOLCANICS FROM YEMEN

Peter Riisager
(Conferenciante Invitado)

Danish Lithosphere Centre, Øster Voldgade 10, 1350,
København, Denmark

Oligocene flood volcanism in Yemen was erupted from 31-26 Ma producing ca. 2-3 km of basaltic lava flows, rhyolitic ignimbrites and airfall deposits, and minor andesitic lava flows. The large feldspar phenocrysts available all through the stratigraphic column were often found to be only very weakly magnetic. For preliminary Thellier-Thellier paleointensity experiments we selected

26 plagioclase single crystals with magnetic moments ranging from 10-6 to 10-8 emu. We obtained acceptable results from 40% of the samples with paleofield estimates varying from 50 to 80 mT. Analysis of magnetic separates by transmission electron microscopy revealed that the crystals contain single to pseudo-single-domain inclusions of equant to rectangular shape. Magnetic hysteresis measurements were used to test possible magnetic anisotropy by rotating crystals on the AGFM probe and comparing hysteresis parameters. Unblocking temperatures (more than 90% loss of NRM intensity by 300 to 400°C) suggest the inclusions are titanomagnetites.

RAPA-09

NON-IDEAL BEHAVIOUR IN SIMULATED THELLIER PALAEOINTENSITY EXPERIMENTS

Andrew J. Biggin

UNICIT, Campus Juriquilla, UNAM, Mexico

The Thellier palaeointensity method is known to produce non-ideal results when it is performed on samples with assemblages dominated by multi-domain (MD) or large pseudo-single domain (PSD) grains of magnetite. To further understand the nature of this non-ideal behaviour, two simulated Thellier experiments, incorporating pTRM (partial thermoremanent) and 'NRM' (natural remanent magnetisation) checks, were performed on rock samples with a range of magnetic grain sizes that had previously been given a complete TRM in the laboratory. The first experiment was performed on samples with remanence carriers dominantly in the PSD size range and used the same magnetic field as was used to impart the original TRM. It was observed that most of the samples underwent some irreversible alteration upon heating to the Curie temperature of magnetite during the experiment. Nevertheless, some interesting observations, pertinent to the use of the Thellier method on untreated rock samples were made. The application of a suite of commonly used acceptance criteria was found to produce nine estimates (from the 14 samples used) with moderate *q* (quality) factors that would normally be regarded as reliable. However, these consistently overestimated the actual 'palaeointensity' because they invariably utilised the initial steep portion of the Arai plot where pTRM checks agreed well with original measurements. The mean of these estimates was found to be 40% higher than the correct result and well outside of error bounds. Conversely, the TRMs imparted to nine of the samples in the final stage of the experiment were observed to agree with their initial TRMs to within 10%. These results were considered to be sufficiently accurate but were accompanied by conventionally unacceptable degrees of scatter of points about the best-fit lines, 'failing' pTRM and NRM checks, and high slope curvatures. Any suite of acceptance criteria developed to maximise the accuracy and precision of the mean estimate produced by the samples in this experiment would appear to be remarkably relaxed with respect to those previously advocated. However, it is necessary to remember that these samples were thermally pre-treated and therefore far less prone to irreversible alteration during the experiment than natural samples would be. Nevertheless, it highlights a strong need to further investigate the issue of what constitutes a reliable palaeointensity estimate. The second experiment was performed on samples which contained predominantly MD grains. The samples experienced only very limited irreversible alteration of their magnetic properties. Consequently 9 of the 14 samples gave 'palaeointensity' estimates to within 1% of the actual value when only the end-points were used

and the maximum error observed was 13%. Nevertheless, between the end-points of the Arai plots, a great deal of non-ideal behaviour was observed. In addition to the convex-down shape of the plots, which is a widely reported facet of MD behaviour during Thellier experiments, most of the samples exhibited two other phenomena previously unreported in the context of Thellier experiments. The first of these is referred to as NRM annihilation and appears to be most prevalent at low temperatures. The heating step involved in the remagnetisation stage appears to cause the sample to spontaneously lose 'NRM' despite the sample already being thermally demagnetised to that temperature during the previous stage. This affects a number of samples to the extent that some points on their Arai plot appear to have acquired a negative pTRM. I.E. More TRM is lost through this process than is imparted by the remagnetising field. The second phenomenon is referred to as pTRM cohabitation and is most noticeable at high temperatures. The samples appear to acquire high temperature pTRM tails that coexist with the 'NRM' and allow the samples to retain a greater magnetisation than the original, and final, full TRM. Both of these phenomena, together with the overall convex-down shape of the Arai plots appear to be related to the evolution of pTRM and NRM check discrepancies through the experiment although the precise details of how are not presently apparent.

RAPA-10

FURTHER CONSTRAINTS FOR MIOCENE GEOMAGNETIC FIELD STRENGTH: CASE STUDY OF BAJA CALIFORNIA VOLCANICS

Avto Goguitchaichvili¹, Juan Morales¹, Edgardo Cañon-Tapia² and Raquel Negrete²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² CICESE, Ensenada, B.C., Mexico

From a large collection of Baja California Sur Mio-Pliocene volcanic units sampled for tectonics, magnetostratigraphy and magnetic anisotropy studies, 68 samples were selected for Thellier paleointensity experiments because of their low viscosity index, stable remanent magnetization and close to reversible continuous thermomagnetic curves. Altogether 48 samples, coming from 14 individual lava flows, yielded reliable paleointensity estimates with the flow-mean virtual dipole moments (VDM) ranging from 3.69 to 8.75 x10²² Am². Our results, although not numerous, are of high technical quality and comparable to other paleointensity data recently obtained on younger lava flows. The NRM fractions used for paleointensity determination range from 32 to 79% and the quality factors varies between 4.5 and 26.5, being normally greater than 6. Obtained VDM values are slightly higher than those recently reported from Mio-Pliocene submarine basaltic glasses. More data are needed to better understand the behaviour of the Miocene geomagnetic field strength and to constrain the transition mode between Mesozoic low and the Neogene high field.

RAPA-11

SECULAR VARIATION DATA FOR MEXICO FOR THE LAST ~40,000 YEARS

H. Böhnell¹, R. Molina-Garza² and J.F.W. Negendank¹

¹ GFZ Potsdam, Germany

E-mail: hboehnel@gfz-potsdam.de

² UNICIT, UNAM

Mexico counts with several different and independent archives of the secular variation (SV) of the earth's magnetic field during the last few ten thousand years. These are volcanic rocks, lake sediments, cave deposits, and archeological materials. The number of paleomagnetic studies of such archives is very variable though, as well as their quality and the reliability of the age determinations of these archives. In this paper we review the available paleomagnetic data from Mexico, which may be used together with new unpublished data for constructing a SV curve. For the last ~4000 years data are available from all archives, with a large number of archeomagnetic results. The data show similar directional variations, but great age uncertainties of some of the archives, specially the archeological materials, makes it difficult to determine a precise trend of the SV. Directional data from speleothemes apparently provide good remanence directions, but so far they only cover the last ~1200 years.

For older ages, only lake sediment and volcanic rock data are available. The lake sediments come from the Basin of Mexico and are heavily influenced by climatic and environmental processes. Furthermore, different age model may be derived from ¹⁴C age determinations so that the resulting directional variations vs. time are considered to be unreliable. Volcanic rocks from different places but of similar age show a good coincidence of remanence directions, thus indicating their excellent potential for constructing a more reliable SV curve. Unfortunately, their temporal coverage is not yet satisfactory which may change in the near future by dating additional young volcanoes. Such data may be complemented by lake sediment studies from maar lakes, which have proved to provide better results than shallow lakes. Such maar-lake sediment studies are in progress. Absolute paleointensities obtained from volcanic rocks (and for the more recent past also from archeological materials) may be used in favorable cases to calibrate relative paleointensities obtained from lake sediments, to define as well SV curves for that parameter of the field. Absolute paleointensity experiments are in progress, using the microwave technique.

RAPA-12

CAN LOW TEMPERATURE DEMAGNETIZATION REMOVE THE REMANENCE CARRIED BY MULTIDOMAIN MAGNETIC GRAINS? POSSIBLE IMPLICATIONS FOR THE THELLIER PALEOINTENSITY DETERMINATION

Avto Gogichaishvili, Juan Morales and L. Alva-Valdivia
Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM

Low temperature demagnetization (LTD) is the process of cooling a sample through the isotropic temperature $T_i = 120-135$ K, of magnetite, usually to liquid nitrogen temperature (77 K) and heating back to room temperature, all in zero field. It was theoretically shown that the low-temperature demagnetization

(LTD) should destroy the remanence carried by multidomain grains of magnetite or Ti-poor titanomagnetite. At ~ 130 K, the magnetocrystalline anisotropy K_1 changes its sign and the easy magnetization axis its orientation. This transition is accompanied by abrupt changes in coercivity, remanence and susceptibility.

In this study, new continuous thermomagnetic curves were obtained using VSTM (vibrating sample thermomagnetometer) apparatus, which allows estimation of the magnetic domain structure of opaque minerals through the study of partial thermoremanent (pTRM) magnetizations. pTRMs were also subjected to the low-temperature treatments in order to remove the part of remanent magnetization carried by multidomain grains. In general, 10 to 40% of 'multidomain pTRM remanence' were removed during this treatment, which may help to increase the success of paleointensity measurements.

RAPA-13

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN DE PALEOINTENSIDADES DEL CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE : APLICACIÓN A ROCAS VOLCÁNICAS MEXICANAS CUATERNARIAS

Juan Morales y Avto Gogichaishvili
Instituto de Geofísica, UNAM

Se muestrearon trece flujos de lava cuaternarios de la Cuenca central de México para determinar sus características magnéticas y su paleointensidad absoluta. Las muestras estudiadas cubren un intervalo de edades desde 0.78 Ma hasta aproximadamente 2000 años. Varios experimentos de magnetismo de rocas fueron realizados a fin de identificar los portadores magnéticos y para obtener información de su estabilidad paleomagnética. Mediciones continuas de la susceptibilidad contra temperatura dieron en la mayoría de los casos curvas razonablemente reversibles con puntos de Curie cercanos a aquel de la magnetita, lo cual es compatible con las titanomagnetitas resultantes de la oxi-exsolución. A juzgar por los cocientes de los parámetros de las curvas de histéresis, pareciera que todos los especímenes caen en la región de los dominios pseudo sencillos (PSD), indicando probablemente una mezcla de granos de multidominio (MD) y una cantidad significativa de granos de dominio sencillo (SD).

Las determinaciones de paleointensidad se obtuvieron empleando el método de Thellier modificado por Coe, (Coe, 1967) y los métodos alternativos de Shaw (Kono, 1978, Rolph & Shaw, 1985). Se comparan los resultados de 6 unidades de enfriamiento las cuales dieron estimaciones de paleointensidad absoluta aceptables por el método de Thellier. Existen diferencias entre dichas estimaciones que invitan a reconsiderar sobre la confiabilidad de los métodos alternos mencionados.

RAPA-14

ESTUDIO MAGNÉTICO DE ROCAS Y DE PALEOINTENSIDAD DE FLUJOS DE LOS VOLCANES IZTACCÍHUATL Y POPOCATÉPETL: ENFOQUE METODOLÓGICO

Juan Morales y Avto Gogichaishvili

Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM

Se muestrearon nueve flujos de lava de zonas adyacentes a los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl, pertenecientes al campo volcánico de la Sierra Nevada, parte central de México, para determinar sus características magnéticas y su paleointensidad absoluta. Las muestras estudiadas cubren un rango de edades aproximado entre 0.27 a 0.41 Ma. Diferentes experimentos de propiedades magnéticas de roca fueron realizados a fin de identificar los portadores de la magnetización y para obtener información acerca de su estabilidad magnética. Las determinaciones de paleointensidad se obtuvieron empleando los métodos modificados de Shaw (Kono, 1978, Rolph & Shaw, 1984). La comparación de éstos resultados contra aquellos obtenidos por métodos alternativos (Thellier and Thellier, 1959, Coe, 1967) fue imposible ya que de éstos últimos no se pudo hacer estimación alguna.

RAPA-15

GEOMAGNETIC PALEOSECULAR VARIATION DURING MIOCENE, FROM THE TEPIC AREA (NAYARIT, MEXICO)

Miguel Angel Cervantes¹, Avto Gogichaishvili¹, Luis Alva-Valdivia¹, Jose Rosas-Elguera² and Jaime Urrutia-Fucugauchi¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad de Guadalajara

Records of the geomagnetic paleosecular variation provide crucial information for the understanding of the mechanism generating the geomagnetic field. For this reason, numerous paleomagnetic investigation in the last three decades have addressed this question and have progressively contributed to a wide documentation of the paleosecular variation with increasing precision in time and geographical coverage (Szeremeta et al., 1999). Despite this continuous effort new data are still important, because the time-space coverage is as yet far from complete (Johnson and Constable, 1997). Moreover, a recent IAGA resolution recommends that attention be given to study important sections using modern laboratory techniques. Despite the abundance of thick lava sequences with rather high extrusion rate, Nayarit volcanics have been relatively little studied from a paleomagnetic point of view. We have sampled a sequence of 44 Miocene consecutive lava flows around Tepic City. All the samples were stepwise demagnetized, partly with alternating field, partly thermally with very similar results. The large majority of the samples are characterized by a single stable paleomagnetic component. ChRM isolated after the first steps of demagnetization are all normal polarity. Directional and VGP scatter calculated from all lava flows are consistent with recent models of paleosecular variation.

RAPA-16

ARCHAEOMAGNETIC INVESTIGATIONS IN MEXICO

Ana Ma. Soler-Arechalde¹, Jaime Urrutia-Fucugauchi¹, Yuki Hueda-Tanabe², Avto Gogichaishvili¹ and D.H. Tarling³

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² INAH, Mexico

³ Paleomagnetic Lab, University Plymouth, UK

A review of currently available archaeomagnetic data from Mexico is presented. These data belong to ceramics, baked floors, historic lava flows and the orientation of buildings providing information about the direction and intensity of the geomagnetic field. New data from unburned limeplasters (Hueda, 2000) and they comparison with previous results from Teotihuacan, obtained by Wolfman (1990) will be also discussed. Finally we present an updated paleosecular variation master curve for Central Mexico.

RAPA-17

PALEOMAGNETIC AND ANISOTROPY OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY STUDIES OF OLIGOCENE FLOOD VOLCANISM IN YEMEN

Peter Riisager, Joel Baker and Ingrid Utskins

Danish Lithosphere Centre, Øster Voldgade 10, 1350, København, Denmark

Oligocene flood volcanism in Yemen was erupted from 31-26 Ma producing ca. 2-3 km of basaltic lava flows, rhyolitic ignimbrites and airfall deposits, and minor andesitic lava flows. During the autumn of 1999 we sampled altogether 104 flows, drilling 7-10 cores per flow and using both magnetic and sun compass for orientation. In the present study we will compare the magnetostratigraphy and paleomagnetic pole of Oligocene Yemen flood volcanism with data from the Ethiopian Traps on the conjugate margin. Anisotropy of magnetic susceptibility data will be combined with isotopic fingerprinting of rhyolitic pyroclastic rocks and exhumed granite centres to identify the eruptive centres of the large volumes of rhyolitic magmas produced in this large igneous province.

RAPA-18

PALEOMAGNETISMO, MAGNETISMO DE ROCAS Y MICROSCOPÍA DEL CAMPO VOLCÁNICO DE CAMARGO (CHIHUAHUA, MEXICO)

M. Royo Ochoa¹, L.M. Alva-Valdivia², A. Gogichaishvili², P. Arredondo-Guerrero² and J. Urrutia-Fucugauchi²

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua.

² Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM

Ciudad Universitaria, México, D.F., 04510, México

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

Reportamos resultados detallados de magnetismo de rocas, paleomagnéticos y microscópicos de rocas Pliocénicas del Campo Volcánico de Camargo. La edad de las rocas en estudio varía entre 5 y 1 Ma de acuerdo a datos radiométricos disponibles. Los experimentos de magnetismo de rocas revelan que la remanencia la portan en muchos casos las titanomagnetitas pobres en Ti,

resultantes de procesos de oxi-exsolución a partir de titanomagnetita original durante el proceso de enfriamiento. Para algunas unidades, la remanencia parecen portarla titano(hematitas), sugerido por los espectros de temperatura o por titano(maghemita) secundaria. Los parámetros de histéresis sugieren que la mayoría de muestras caen en la región de tamaño de grano de dominio pseudo-sencillo probablemente indicando una mezcla de multidominio con una cantidad significativa de granos de dominio sencillo. La dirección media paleomagnética obtenida para el Campo Volcánico Camargo es $I=28.8^\circ$, $D=340.3^\circ$, $k=16$, $\alpha_{95}=13.2$, la cual está desviada en sentido contrario a las manecillas del reloj de la dirección esperada estimada de la curva de desplazamiento polar aparente para Norteamérica. Esto sugiere un rotación tectónica sobre eje-vertical en el sentido mencionado de aproximadamente 20° relativa al cratón de Norteamérica. La paleodeclinación obtenida concuerda con los resultados efectuados previamente en rocas del Eoceno y Oligoceno del norte de México. Esto puede indicar que la rotación tectónica no está relacionada a la compresión de la orogénia Laramide o a la extensión de la región Cuencas y Sierras del Terciario temprano.

RAPA-19

PRELIMINARY PALEOMAGNETISM AND MAGNETIC MINERALOGY FROM COTIJA VOLCANIC FIELD (MICOACAN, MEXICO)

Victor Romero Benitez¹, Avto Gogichaishvili², Luis Alva-Valdivia², Jose Rosas Elguera³, Pierre Camps⁴ and Jaime Urrutia-Fucugauchi²

¹ Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Centro de Geociencias, Universidad de Guadalajara

⁴ GTS Lab., Univ. Montpellier, France

We report a preliminary paleomagnetic and rock-magnetic study of Mio-Pliocene volcanic rocks from the Cotija volcanic field around of border between Jalisco and Michoacan States. A total of 40 sites (336 oriented samples) were collected. Several rock-magnetic experiments were carried out in order to identify the magnetic carriers and isolate the primary magnetization components. Microscopic observations on polished sections show that the main magnetic mineral is low-Ti titanomagnetite associated with exsolved ilmenite, probably formed as a result of oxidation of titanomagnetite during initial cooling. These intergrowths typically develop higher than 600°C and consequently, the NRM (natural remanent magnetization) carried by these samples should be a thermoremanent (TRM) magnetization.

Low-field susceptibility measurements (using Bartington MS2 system), performed on one sample per flow, yield two different types of behavior. More than half of the curves shows the presence of a single magnetic/ferrimagnetic phase with Curie point compatible with relatively low-Ti titanomagnetite. However, the cooling and heating curves are not perfectly reversible. In other cases, the curves yield two different thermomagnetic phases during heating. The lower Curie point ranges between 350 - 450°C , and the highest one is about 570°C . The cooling curve shows only a single phase, with a Curie temperature close to that of magnetite. Such irreversible curves can be explained by titanomaghemite, which probably transformed into magnetite during heating. Hysteresis measurements were performed on samples from all flows using an AGFM 'Micromag', in fields up to 1T. Curves were rather symmetrical in all cases. Near the origin, no potbellied and wasp-

waisted behavior was detected, which probably reflects very restricted dual ranges of the opaque mineral coercivities. IRM (isothermal remanent magnetization) acquisition curves were found also very similar for all samples. Saturation is reached in moderate fields of the order of 100-200 mT, which reveals that a cubic phase is principal remanence carriers. The primary remanent magnetization has been isolated after detailed AF and thermal demagnetization of all samples. A characteristic magnetization was determined by the least square method, with 4 to 9 points used for this determination. The directions were averaged by flow and the statistical parameters calculated assuming a Fisherian distribution. The flow mean paleodirections are overall well-determined. Almost all α_{95} values are less than 10° . The mean paleomagnetic directions obtained from all sites only slightly differ from that expected for the Middle Miocene paleodirections derived from the north American polar wander.

RAPA-20

THE MAGNETIC STRUCTURE AND DEHYDRATION PRODUCTS OF GOETHITE

Özden Özdemir

(Conferenciante Invitado)

Dept. of Physics, Erindale College, University of Toronto at Mississauga, Canada

Goethite is a common weathering product of iron-bearing minerals and an important constituent of soils, ore deposit, red sandstones and marine sediments. Goethite is antiferromagnetic with a weak ferromagnetism below the Néel temperature $T_n=120^\circ\text{C}$. Thermoremanence (TRM) produced parallel and perpendicular to the goethite c-axis, indicates that the ferromagnetism of "FeOOH is not due to spin canting as in hematite. It is probably due to unbalanced numbers of spins on the A and B sublattices, resulting from random lattice vacancies.

When heated, goethite loses its water and dehydrates to hematite. The transformation involves two main processes: removal of water molecules and atomic rearrangements for formation of a rhombohedral phase. The process does not involve oxidation. However, recent study reveals an intermediate spinel-like phase forming in the process. The transformation of goethite has been studied by low-temperature induced magnetization (LTIM) and X-ray diffraction on well characterized acicular crystals. The fresh samples were heated in air to temperatures between 150 and 600°C . Goethite and hematite were the magnetically dominant phases after all runs except 500 and 600°C , for which hematite was the only remanence carrier. However, the partially dehydrated goethites after the 240 - 400°C runs showed broad magnetization peaks or inflections around 120 K in the LTIM curves, suggesting the formation of magnetite. The formation of small amount of magnetite has serious implications for paleomagnetic studies of goethite-bearing sediments and rocks. CRM of strongly magnetic intermediate phase could significantly modify the original goethite CRM.

RAPA-21

ROCK-MAGNETIC PROPERTIES OF LAKE SEDIMENTS FROM LAGO VERDE, LOS TUXTLAS, MEXICO

B. Ortega, C. Caballero, A. Soler and M. Caballero
Instituto de Geofísica, UNAM

In order to investigate the late Quaternary climatic and environmental change in the eastern sector of Central Mexico, we carry out a multidisciplinary research project in lake sediments from several of the maars surrounding the San Martin volcano in Los Tuxtlas, Veracruz. This project includes the analysis of proxy records such as diatoms, pollen, and organic content. Additional information about the environment can be achieved analyzing the magnetic properties of the sediments. The aspects of the magnetic signal we are examining are the magnetic mineralogy, the concentration of magnetic minerals and the grain-size distribution of the magnetic fraction. In this work we present the preliminary results of analysis of rock-magnetism record from Lago Verde.

A core 5.8 m long was recovered in the central part of Lago Verde, Los Tuxtlas. The sediments, probably of mid to late Holocene in age, are composed by organic silts in the upper half of the core, and by volcanoclastic materials in the lower half. Measurements of Curie temperatures, low temperature (<300 K) phase transitions, and S300 ratios are used to identify the mineralogy of magnetic carriers. Concentration of magnetic material is estimated from susceptibility and several laboratory-induced remanences such as SIRM and ARM. The magnetic grain-size distribution is estimated by the frequency-dependence of susceptibility (ultrafine, superparamagnetic grains), the anhysteretic remanence magnetization, and by measuring the hysteresis loops and plotting the magnetization and coercivity ratios.

The preliminary results indicate that in the volcanoclastic deposits, two different magnetic assemblages are present: relatively moderate concentration of pseudo-single domain (PSD) magnetic grains in the lowest 2 meters, and more abundant fine, single domain grains (SD) in the upper part of volcanoclastic deposits. The organic silts are characterized by low concentrations of fine, SD magnetic minerals. Determinations of magnetic mineralogy are still in progress.

RAPA-22

ROCK MAGNETISM OF COOL WATER CARBONATE SEDIMENTS FROM ODP LEG 182: GREIGITE AND MAGNETITE CONTRIBUTIONS TO THE NRM

Roberto S. Molina Garza¹ and Mike Fuller²

¹ Unidad de Investigación de Ciencias de la Tierra, UNAM
Campus Juriquilla, Qro., 76230, Mexico
E-mail: rmolina@unicit.unam.mx

² HIGP, SOEST, University of Hawaii, HI, 96822, USA

Leg 182 of the Ocean Drilling Program was undertaken in the shelf, slope, and continental rise of the Australian Bight. The sequence recovered consists of Late Pleistocene carbonate ooze very rapidly accumulated and an incomplete Eocene through Miocene succession. Whilst much is known about the magnetic carriers and their modification in warm water carbonates, the magnetic

mineralogy of cool water carbonates is poorly understood. Rock magnetic and demagnetization data indicate that the remanence carriers of these cool-water carbonate rocks are magnetite and greigite. ARM/IRM ratios as high as 0.35 suggest that contributions from single domain particles are important, supporting a biogenic origin of the remanence carriers. The majority of the samples, however, give hysteresis parameters in the pseudo-single-domain (PSD) range. Systematic variations in rock magnetic properties, laboratory remanence, and NRM intensity indicate down core modification of the remanence carriers. For instance, down core trends indicate that contributions to the IRM from a low coercivity phase increase down hole. Although this trend is generally interpreted to reflect preferential dissolution of fine-grained magnetic particles, similar down core increases in the ARM/IRM ratio suggest that concentrations of coarse multi-domain grains decrease down hole. Low temperature remanence measurements and Curie temperature determinations can easily explain these trends. Contributions from a sulfide phase (of high coercivity) are evident at shallow to intermediate depths. Below about 100 meters below sea floor, only contributions from magnetite are important. This depth roughly coincides with a zone of steep geochemical gradients in pore water chemistry, which in the Pleistocene sequence shows high concentrations of H₂S. Repetitive measurements of the saturation remanence show notable decrease on a time scale of several days. This 'vanishing' remanence is thus attributed to the destruction of the meta-stable greigite phase, and is accompanied by a gradual reduction in coercive force. This sulfide bearing samples show strong decrease in remanence between 20 and 100°K, suggesting thermal unblocking of superparamagnetic (SP) grains. However, frequency dependency of magnetic susceptibility is negligible indicating that SP particles are not abundant. The decrease in remanence may thus be associated with intrinsic behavior of the magnetic sulfides.

RAPA-23

ANÁLISIS MAGNÉTICO EN SEDIMENTOS MARINOS DE LA ZONA COSTERA DE COATZACOALCOS VERACRUZ, MÉXICO

Glicinia Ortiz, David Salas, Adela Monreal, Ana María Soler
y Jaime Urrutia

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
Instituto de Geofísica, UNAM

Dentro de las regiones más contaminadas de México se considera el Río Coatzacoalcas. La actividad de la industria petrolera y petroquímica desecha una gran cantidad de metales, característica de esta contaminación son las altas concentraciones de metales (Fe y Mn) en los sedimentos. Sin embargo, estudios recientes muestran que la región del río y la zona del puerto de Coatzacoalcas no muestran este patrón. El sistema de ríos y el puerto pueden ser exportadores de contaminantes hacia la región costera, ya sea a través de flujos de metales disueltos (principalmente durante la temporada de lluvias) o a través del dragado de material sólido producido. Para el presente estudio se obtuvieron de la zona costera de Coatzacoalcas Veracruz, de la desembocadura del río Grijalva y de la zona de plataformas petroleras, ocho núcleos con longitudes entre 10 y 40 cm. De los cuales se obtuvieron 143 muestras, compuestas básicamente de arenas finas y lodos. Las muestras de sedimento fueron colectadas (abril de 2000 y abril del 2001) con la ayuda de un muestreador de caja de acero inoxidable a profundidades entre 21 y 141 m de

profundidad, a bordo del Buque Oceanográfico Justo Sierra, como parte de los cruceros oceanográficos PROMEBIO III y IV. Se determinó para cada muestra la susceptibilidad magnética a altas y bajas frecuencias y magnetización remanente natural (NRM). Se efectuaron experimentos de magnetización remanente isothermal (IRM), anhistéica y lavado magnético con campo alternos. Se observó un aumento de la susceptibilidad (k) con la profundidad, lo que implica un aumento de los minerales ferromagnéticos, en las zonas fuertemente impactadas, como también un aumento en el tamaño de partícula. Los valores de susceptibilidad obtenidos están entre los 40.2 - 76.7 x 10⁻⁶ los cuales corresponden a esquistos (Dearing, 1994). Se observó una relación entre la ubicación de las estaciones y el comportamiento de las propiedades magnéticas, que puede ser correlacionadas a los patrones de circulación de corrientes del Golfo de México, como también a los dragados efectuados sobre el Río Coatzacoalcos.

RAPA-24

APPLICATION OF MULTI-MODEL PHOTOGRAMMETRY IN PALEOMAGNETIC STUDIES OF WEST GREENLAND FLOOD VOLCANICS

Janna Riisager and Asger Ken Pedersen
(Conferenciante Invitado)

University of Copenhagen, Geological Museum
Øster Voldgade 5-7, DK-1350 Copenhagen K, Denmark

Precise estimate of the structural attitude of beds at the sampling site plays major role in obtaining precise paleomagnetic poles. The structural strike and dip are often particularly difficult to determine in flood volcanic provinces due to lack of inter-bedded sediments. During paleomagnetic field work in the West Greenland flood volcanic province in 1999 sampling sites were photographed from helicopters with stereoscopic overlap and in colour. These photographs have been set up for multi-model photogrammetry allowing three-dimensional mapping of lithological profiles and precise determination of strike and dips of distinct flow boundaries that can be traced for several hundreds of meters. Although structural dips are only from 2 to 8 degrees for the profiles we study, it is important to recognize that if not corrected, this will result in a paleomagnetic pole off-set by several degrees. In light of present discussions regarding exotic features like true polar wander and non-dipole fields, such an off-set could lead to erroneous conclusions.

RAPA-25

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA, GEOQUÍMICA, Y ESPECTROSCOPIA MÖSSBAUER DE LAS MENAS DE FIERRO Y CLORITAS ASOCIADAS DE PEÑA COLORADA, COLIMA, MÉXICO

M. Rivas-Sánchez¹, L.M. Alva-Valdivia¹ y M. Ramos²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² Dirección de Tecnología del Consorcio Minero Benito Juárez,
Peña Colorada

El mineral "Normal" está representado por magnetita masiva y magnetita diseminada. La magnetita masiva forma vetas que dan un aspecto brechado a la roca encajonante, la magnetita diseminada, está en cristales bien desarrollados que llegan a medir hasta 7 mm

homogéneamente diseminados en la roca. El mineral "Amorfo" se presenta como magnetita de grano muy fino y de forma subredondeada, individual ó en agregados granulares, intercrecida con clorita de la variedad chamosita-bertierina. Ambos minerales están afectados por hidrotermalismo con depositación de magnetita, cuarzo, apatito, calcita, pirita, calcopirita, pirrotita, galena, marmatita y covelita. La Espectroscopía Mössbauer muestra diferencias estructurales marcadas en ambos tipos de magnetitas. La magnetita del mineral "Normal" tiene una estructura definida y estable, con dos Fe en estado de oxidación III (Fe₂O₃) y un Fe en estado de oxidación II (FeO). La magnetita del mineral "Amorfo" contiene radicales oxhidrilo (OH⁻), en posiciones correspondientes al oxígeno, cuya ligadura puede fluctuar, cambiando alternadamente la "mezcla" de Fe II a Fe III. Por análisis térmico diferencial y gravimétrico se observó, en la magnetita del mineral "Normal" un comportamiento térmico correspondiente a una magnetita típica, es decir con una oxidación total a hematita a los 615 °C, lo que no sucede con la magnetita del mineral "Amorfo", que tiene una oxidación más lenta y marcada a ciertas temperaturas, oxidándose completamente a los 750 °C. En el análisis por Microsonda Electrónica de barrido, existe una ligera disminución del contenido de hierro en la magnetita del mineral "Amorfo", en comparación a la magnetita del mineral "Normal". Los resultados obtenidos por estas dos últimas técnicas vienen a corroborar lo visto por espectroscopía Mössbauer, ambas magnetitas presentan un comportamiento físico y químico a nivel estructural diferente.

La clorita criptocristalina asociada a la magnetita del mineral "Amorfo" presentó también diferencias estructurales, que por difracción de rayos X, reportó una pobre cristalinidad (semiamorfa a amorfa) y valores de reflexión $d = 7 \text{ Å}$. Esto la clasifica como una chamosita de la variedad bertierina, que al ser analizada por termoanálisis sugiere un comportamiento térmico diferencial semejante al caolín, atribuyéndole un ambiente de formación diagenético, que se mantiene en condiciones reductoras y en presencia de materia orgánica en descomposición. Nuestros resultados sugieren que el ambiente geológico y geoquímico prevaleciente durante la formación del yacimiento de Peña Colorada, fue de tipo pirometasomático de contacto, con una fase final hidrotermal, con depositación de magnetita en vetas, representado claramente por el mineral "Normal". No así para el mineral "Amorfo" de origen principalmente hidrotermal, depositado en un ambiente que incluye la presencia y el contacto con un medio acuoso, con un PH mayor a 7. Esto explicaría el enfriamiento drástico que da lugar al minúsculo tamaño de grano de esta magnetita, así como su transporte en un medio acuoso a través de la clorita (bertierina), lo que provocó un ataque químico de la magnetita por sus bordes, dándoles un aspecto corroído y el consecuente redondeamiento de los granos. Todo indica que el mineral "Normal" y el mineral "Amorfo" poseen una evolución geoquímica similar y ambientes de depósito diferentes.

RAPA-26

ESTIMACIÓN DEL ESTADO DE DOMINIO DE MINERALES MAGNÉTICOS: CRITERIO DE HISTÉRESIS MAGNÉTICA VS CRITERIO TERMOMAGNÉTICO

Avto Gogichaishvili and Juan Morales

Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM

El análisis de curvas termomagnéticas continuas, obtenidas por medio de un termomagnetómetro de vibración (VSTM), nos permite la estimación del estado de dominio de minerales magnéticos mediante el estudio de magnetizaciones termorremanentes parciales (pTRM). Alternativamente se obtuvo una estimación del estado de dominio sobre muestras “hermanas” mediante el empleo de parámetros de histéresis magnética a temperatura ambiente, en términos de gráficas de cocientes de magnetizaciones contra cocientes de coercitividades (Day, 1977). La interpretación difiere dependiendo del método empleado. Esta discrepancia se debe, probablemente, al hecho de que la estimación del estado de dominio usando parámetros de histéresis magnética no tiene resolución para mezclas de diferentes tamaños de grano de un solo mineral magnético, o bien, para un conjunto de diferentes minerales magnéticos. En la mayoría de las muestras naturales es muy probable la aparición de sistemas complejos de minerales magnéticos con más de un estado de dominio característico.

RAPA-27

MICROSCOPIA DE FUERZA MAGNÉTICA DEL MINERAL DE FIERRO DE PEÑA COLORADA, COLIMA, MÉXICO

L.M. Alva-Valdivia¹, M. Rivas-Sánchez¹, J. Saniger² y J.G. Bañuelos²¹ Lab. Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM² Lab. Materiales y Sensores, Centro de Instrumentos, UNAM

En microscopía de fuerza magnética (MFM) hay varias opciones de aplicación: medir el estado de una partícula magnética, determinar la estructura magnética de una transición de pared de dominio, o determinar las variaciones espaciales de la magnetización. La física de los granos con comportamiento pseudo-simple (PSD) y multi-dominio (MD) es de gran interés en paleomagnetismo porque muchos granos de óxidos ferrimagnéticos son demasiado grandes para estar en equilibrio de dominio-simple (SD, >0.1 micrones). Estos tamaños de grano se estimaron a partir de estudios de propiedades magnéticas en el mineral de hierro de Peña Colorada. Excepto por las partículas de tamaños más pequeños debajo de 0.1 micrones de SD casi uniformemente magnetizados, la magnetización remanente natural es portada por las partículas que contienen estructuras micromagnéticas no-uniformemente magnetizados, PSD o pequeños MD. Estas estructuras afectan el origen de la magnetización remanente natural y la fidelidad del registro paleomagnético contra las remagnetizaciones termoviscosas y magnetoquímicas.

Las imágenes del MFM nos proveen de rasgos micromagnéticos en nuestros granos PSD y MD de forma que entonces es posible analizar el enlace entre estructuras micromagnéticas de granos individuales y propiedades magnéticas macroscópicas de las rocas como remanencia, coercitividad y

temperaturas de bloqueo. Resultados obtenidos para el mineral “normal” muestra rasgos que sugieren la presencia de una magnetización en los dominios magnéticos normal a la superficie de la muestra. También se infiere, por la forma que presentan dichos dominios magnéticos, que estos corresponden a granos con dominios de PSD a pequeños MD. En la imagen del mineral «amorfo» se pueden igual observar características semejantes al anterior, esto es: el mismo tipo de magnetización en los dominios magnéticos perpendicular a la superficie de la muestra y la correspondencia con dominios PSD y MD. Sin embargo, hay tendencia de los dominios magnéticos a agrandarse, predominando los granos MD. Además, se observa falta de claridad en la imagen (es más difusa). Ambos efectos se atribuyen a procesos de alteración (cloritización) sucedidos a este tipo de mineral, que tienen inferencia directa tanto en sus propiedades físicas como químicas y por consecuencia en sus propiedades magnéticas, debido esencialmente a cambios magnetoestáticos producidos por los granos magnéticos (anisotropía de forma de los granos) y a cambios en la estructura de los cristales (anisotropía magnetocristalina).

RAPA-28

PALEOMAGNETISMO Y TECTÓNICA EN LAS CORDILLERAS BÉTICAS

Manuel Calvo Rathert

(Conferenciante Invitado)

Depto. de Física, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos, España

Las Cordilleras Béticas, junto con las cadenas alpinas del Norte de África y el mar de Alborán, constituyen el segmento intracontinental más occidental de la frontera de placas entre África y Eurasia. Se pueden diferenciar en el orógeno Bético las Zonas Internas, las Zonas Externas y las unidades de Flysch. Las Zonas Externas consisten de rocas sedimentarias Mesozoicas y Terciarias mientras que las Zonas Internas están formadas principalmente por rocas metamórficas de edad Paleozoica y Triásica. La edad de las unidades de Flysch es Cretácica a Paleógena. El orógeno Bético se desarrolló durante la convergencia entre África e Iberia entre el Mesozoico superior y el Terciario.

La región Bética ha sido objeto de diversos estudios paleomagnéticos. En la parte central y occidental de las Zonas Externas, se ha reconocido un patrón homogéneo de rotaciones en sentido horario de 40° a 60° grados de magnitud. Estas rotaciones tuvieron lugar entre el Burdigaliense (22.5 Ma) y la actualidad. En la parte oriental de las Zonas Externas, el patrón de rotaciones observado es más heterogéneo. Aunque la mayor parte de estas rotaciones sea también de carácter dextral, en determinados casos se observan rotaciones de gran magnitud, y así mismo se distinguen zonas que no han sufrido rotación alguna. Los resultados paleomagnéticos obtenidos en las Zonas Internas son mucho más escasos. En su parte occidental y central se cuenta con resultados de las peridotitas de Ronda (rotaciones en sentido horario de 46°) y de diques máficos de la región de Málaga (rotaciones de carácter dextral entre 90 y 140°). Estas rotaciones tuvieron lugar después del Mioceno inferior a medio.

Al igual que las Zonas Externas, las Zonas Internas orientales ofrecen un comportamiento más complejo y heterogéneo. El extremo sureste de la Península Ibérica se caracteriza por la presencia de paleodeclinaciones giradas en sentido horario así como antihorario, hallándose, en algunos casos, rotaciones de gran

magnitud y áreas no rotadas. En ocasiones, se observa un comportamiento dispar en áreas adyacentes.

Se presentarán resultados paleomagnéticos, y se expondrán algunos de los modelos propuestos para explicar la evolución geodinámica de las Cordilleras Béticas.

RAPA-29

THE EOCENE KRABI BASIN (SOUTHERN THAILAND): PALEONTOLOGY AND MAGNETOSTRATIGRAPHY

Mouloud Benammi, Jaime Urrutia-Fucugauchi, Yaowalak Chaimanee, Jean-Jacques Jaeger, Varavudh Suteethorn and Stéphane Ducrocq

Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM

We present the magnetostratigraphy of the late Eocene Krabi section from the Krabi Basin. The investigated section is about 105 m thick and consists of red and yellow siltstones, sandstones, gray claystones, lignites and limestones. 86 samples at 43 different stratigraphic levels were collected from the 105-m-thick section. The samples yielded a paleomagnetic direction, and paleomagnetic analyses give favorable demagnetization behaviors, with two magnetic components which can be isolated. Rock magnetic experiments show that the NRM generally results from the presence of (titano-) magnetite. The first component has roughly the direction of the present-day field. The second component displays only reversed polarity, with a mean direction: $D = 192.34$, $I = -15.5$, $N = 71$, $\alpha_{95} = 4.7$, $k = 14$ (after bedding correction). Mammalian Biostratigraphy indicates a late Eocene age. Correlation to the Geomagnetic Polarity Time Scale (GPTS) relies on biostratigraphic data previously proposed for the fauna found in the same section. These correlations have been achieved by comparing variations in the sedimentation rate derived from the alternative correlation. The proposed correlation puts the Krabi section in Chron C12r or Chron C13r. This suggests sedimentation rates of 4.9 and 9.4 cm/ky respectively. This correlation suggest that the Krabi section is older than 31 Ma and younger than 34 Ma.

Keywords: Thailand; magnetostratigraphy; biostratigraphy; Eocene; mammals.

RAPA-30

SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA DIAGRAMA DE ZIJDERVELD A LOS ALUMNOS DE PALEOMAGNETISMO

Avto Goguitchaichvili, Ana María Soler and Jaime Urrutia-Fucugauchi

Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM

El diagrama vectorial o de Zijderveld es una herramienta gráfica que sirve para analizar la estabilidad en la dirección y el modo del decaimiento de la intensidad de la magnetización remanente. Por ello es necesario la clara y total comprensión de esta técnica para entender el paleomagnetismo moderno. Sin embargo, el diagrama de Zijderveld aún no es ampliamente entendido por la mayoría de los miembros de la comunidad de las geociencias. Nosotros observamos sistemáticamente, durante las clases de

paleomagnetismo, que la mayoría de los estudiantes tienen diversos problemas en el manejo y comprensión de este diagrama ortogonal. Más aún, es prácticamente imposible leer sobre el gráfico la declinación e inclinación magnéticas. Con estos antecedentes proponemos una representación más simple de los datos paleomagnéticos. Esta representación tiene las siguientes ventajas: 1) es mucho más sencillo, lo que permite que sea comprendido aún por personas no familiarizadas con el paleomagnetismo, 2) permite la lectura directa de la declinación e inclinación como también su estabilidad durante los tratamientos y 3) se puede obtener información acerca de la intensidad (temperatura o campo de desbloqueo) directamente de las curvas de decaimiento de la intensidad de la remanencia. Esta presentación únicamente tiene el propósito de ayudar a los estudiantes y principiantes en paleomagnetismo para un mejor entendimiento del diagrama de Zijderveld y de los procesos de desmagnetización de las rocas.

RAPA-31

A RECONNAISSANCE MICROFOSSIL AND MAGNETIC STRATIGRAPHY OF A MIOCENE SAYULA-ISLA SEQUENCE, VERACRUZ, MEXICO

Luis M. Alva-Valdivia¹, María Carmen Rosales^{2,3}, Mouloud Bennami¹, Manuel Grajales-Nishimura³, Avto Goguitchaichvili¹ and Jaime Urrutia-Fucugauchi¹

¹ Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM

² Instituto de Geología, UNAM

³ Subdirección de Exploración y Producción Geociencias, Instituto Mexicano del Petróleo

A pilot Bio-magnetostratigraphic study has been performed on the paleontologically well constrained Early-Middle Miocene sequence at Sayula-Isla (Southern Veracruz, Mexico). Rock magnetic investigations indicate the presence of both, high and low coercivity minerals. Specimens subjected to progressive thermal demagnetization procedures, show that nearly all of them exhibit a low temperature magnetization component, close to the present-day field before bedding correction, and a high temperature one, keeping almost the same direction and polarity, considered as the characteristic Miocene magnetization. The comparison of the Sayula-Isla polarity zonation poses some problems because of scarce microfossil content in studied sections. Although, more data are required to better constrain the local GPTS (Geomagnetic Polarity Time Scale), reasonably good correlation was obtained for the Early-Middle Miocene biozones in the Salina del Istmo basin. Valuable data to the construction of a standard magnetostratigraphic and paleontological scale are contributed by the results from this leading study.

RAPA-32

NEW PALEOMAGNETIC RESULTS FROM THE ORDOVICIAN OF THE QINLING BELT, CENTRAL CHINA

Xixi Zhao¹, Hanning Wu² and Rixiang Zhu³
(Conferenciante Invitado)

¹ Center for the Study of Imaging and Dynamics of the Earth,
University California Santa Cruz

² Department of Geology, Northwest University, Xian 710069,
China

³ Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of
Sciences, Beijing 100101, China

We have obtained paleomagnetic results from early Ordovician basaltic rocks (the Erlangping ophiolite Formation) sampled over two areas in the Qinling belt, central China. After removal of a low-temperature component that resembles both Tertiary and present field directions and fails a fold test, a well-grouped characteristic component (ChRM) remains in Early Ordovician basalts that is of dual polarity. The ChRM passes a middle Ordovician (480 $\pm$ 7 Ma) fold test at more than 95% confidence level. The corresponding paleopole places Qinling belt at paleolatitude of 14°S in early Ordovician time. The paleopole position of the Erlangping formation is different from the coeval poles for the North and South China Blocks, suggesting that the sampling localities in Qinling belt are remains of an independent terrane between the NCB and SCB. The late Mesozoic to Recent remagnetization found from the samples of the Erlangping Formation re-emphasizes the extent of magnetic overprinting in eastern China. The remagnetization is probably related to the magmatic activities of the Yanshanian orogeny, which coincide with the subduction of the Kula plate beneath the Asian continental margin and the opening of the Bohai Sea, both of which began in the Juro-Cretaceous and continued to the Cenozoic time.

RAPA-33

FIRST MAGNETOSTRATIGRAPHY STUDY OF THE CONTINENTAL MIDDLE MIOCENE OF MEXICO: (SUCHILQUITONGO FORMATION CENTRAL MEXICO)

Mouloud Benammi, Jaime Urrutia-Fucugauchi and Luis
Manuel Alva Valdivia

Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
Mexico, D.F., 04510, Mexico

New paleomagnetic data from central Mexico provide a magnetostratigraphic framework to correlate the Suchilquitongo Formation to the Geomagnetic Polarity Time Scale (GPTS). One hundred and eighty paleomagnetic samples were collected from 38 sites belonging to two sections. The sections were characterized by a succession of cream to light pink to gray color, thin to medium bedded tuffaceous sand and siltstone, partly silicified limestone and dominantly light green ignimbrite deposited in a fluviolacustrine environment. Remanences are generally characterized by two components, a present day field component with low unblocking temperature up to 350°C, and a characteristic component with unblocking temperature up to 580-610°C. The characteristic component is interpreted as primary based on antipodal polarity directions. Six sites at the top of the section (incl.=40.5°; decl.=11.3°, a95= 1.4 and K= 471) have a mean paleomagnetic

direction rotated clockwise about 15° with respect to the expected Miocene direction derived from the North American polar wander curve (incl.=354°, decl.=30°). According to the biochronologic age, the magnetostratigraphic results from mammals bearing Middle Miocene continental section in the Suchilquitongo type area indicate that the composite section can be correlated with chron C5Dn-C5Cn3n. An age of 16.97 Ma can be assigned to the fossiliferous sequence.

RAPA-34

ESTRATIGRAFIA MAGNETICA DE LAS PROVINCIAS VOLCANICAS DE GEORGIA (CAUCASO DEL SUR)

Avto Gogichaishvili¹, Manuel Calvo² y Jemal Sologashvili³

¹ Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto
de Geofísica, UNAM

² Depto. de Física, Universiada de Burgos, Espana

³ Tbilissi State University, Geophysics Dept., Rep. of Georgia

Se presentan resultados de un estudio paleomagnético y de magnetismo de rocas en muestras de las regiones de Djavakheti, Khrami y Kazbeki, en Georgia (Cáucaso). Se tomaron muestras de 247 coladas volcánicas subaéreas y de 3 estratos sedimentarios lacustres intercalados entre éstas, pertenecientes a 44 localidades. El objetivo del trabajo consistía en el estudio de la estabilidad magnética y paleomagnética de muestras para determinar su potencial en estudios de magnetoestratigrafía y paleointensidad. Los experimentos de magnetismo de rocas demostraron que la magnetización remanente está asociada principalmente a la presencia de magnetita de tipo PSD. 113 coladas volcánicas y un estrato sedimentario dieron como resultado una magnetización de polaridad normal, mientras que otras 130 coladas volcánicas presentaron una magnetización de polaridad inversa. 4 coladas volcánicas y 2 estratos sedimentarios se caracterizan por mostrar direcciones correspondientes a una polaridad intermedia. Se determinó una dirección paleomagnética media para todas las unidades volcánicas, salvo las de polaridad intermedia, de D=4.7°, I=58.3°, k=28 y a95=3.7° y se estableció una magnetoestratigrafía preliminar de las provincias volcánicas georgianas.

RAPA-35

LATE PALEOZOIC PALEOMAGNETISM AND PALEOGEOGRAPHY OF OAXAQUIA REVISITED

Roberto S. Molina Garza, Fernando Ortega Gutiérrez, and
Augusto A. Rapalini

Unidad de Investigación de Ciencias de la Tierra, UNAM
Campus Juriquilla, Qro., 76230, Mexico

E-mail: rmolina@unam.mx

Paleogeographic reconstructions of western equatorial Pangea must incorporate crystalline basement terranes of Mexico and Central America. This remains a taxing prospect because available paleomagnetic data for the region are limited. An exception is the Late Paleozoic, for which data are available for several terranes in southern Mexico. In Oaxaca, southeast directed and shallow magnetizations have been reported for the Paleozoic cover of the Oaxaca Complex and for sites in paragneisses of the Oaxaca Complex north of the Huitzo granite. These magnetizations have been interpreted as Late Paleozoic secondary magnetizations but the evidence for this interpretation is not conclusive. These directions

indicate relative stability with respect to the North America craton. Here we report similar directions for 3 sites in anorthosites of the Oaxaca Complex and for 3 sites in La Carbonera stock, a small mid-Permian intrusion exposed along the toll-road Tehuacán-Oaxaca. A discordant U-Pb age of 275 ± 4 Ma (interpreted as the crystallization age) has been reported for the La Carbonera stock. Six additional sites were collected in the Huitzo granite and in charnockites and gneisses of the Oaxaca complex, but they did not yield useful data. Magnetizations of La Carbonera intermediate compositions are nearly univectorial and of moderate coercivity and moderate laboratory unblocking temperatures, suggesting that they reside in a cubic phase such as magnetite. Associated mafic rocks are overprinted by viscous components; partially overlapping coercivity spectra precludes isolation of the characteristic remanence but great-circle trajectories can be used to estimate its direction. Combined, all compositions give a mean of $D=168^\circ$, $I=6^\circ$ ($n=3$ sites, $\alpha_{95}=15^\circ$). We interpret the magnetization of La Carbonera stock as a primary thermal remanence, thus further supporting previous interpretations of Late Paleozoic partial remagnetization of the Oaxaca Complex and its sedimentary cover. Rocks of the Carbonera stock do not provide sufficient data to average secular variation, but combined with the anorthosite sites and four sites in the paragneisses north of the Huitzo granite, provide a good estimate of the mid-Permian time averaged paleofield direction. The pole derived from these data indicates that displacement of the Oaxaca terrane relative to North America is limited to movement along a line of equal latitude, displacement that cannot be recognized by paleomagnetic data.

RAPA-36

MAGNETOSTRATIGRAPHY AND PALEONTOLOGY OF THE CONTINENTAL MIDDLE MIOCENE OF THE AÏT KANDOULA BASIN (MOROCCO)

Benammi Mouloud and Jaime Urrutia Fucugauchi
Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
Mexico D.F., 04510, Mexico

The Aït Kandoula basin is one of richest known Miocene mammal localities in the South of the High-Atlas. Research of the fossiliferous levels undertaken in the past several years in this basin has yielded some micromammal associations and a limited quantity of large mammals.

A magnetostratigraphic study has been carried out on a Middle Miocene fluvial/lacustrine deposit of the Aït Kandoula basin. 55 samples in 48 different stratigraphic levels were collected from a thickness of 206 m of the section. These paleomagnetic samples were analyzed, and rock magnetic experiments show that the natural remanence magnetization (NRM) generally results from the presence of magnetite or hematite. The Azdal section that has been sampled displays three reversed and four normal polarities. The correlation to the Geomagnetic Polarity Time Scale (GPTS) relies on the biostratigraphic data previously proposed for the fauna found in the levels of same section. The proposed correlation puts the Azdal section in the Chron C5Ar and in the upper part of C5AAn. This suggests sedimentation rates of 25.6 cm/ky.

The Beni-Mellal fossiliferous layer is the first one known in the Middle Miocene of North Africa. This correlation makes it possible to allow an age of 13 My for the Beni-Mellal layer whose fauna is identical to the level 1 of the Azdal section.

RAPA-37

MAGNETOSTRATIGRAPHY AND ROCK-MAGNETISM OF THE CRETACEOUS/TERTIARY BOUNDARY SECTION OF LA CEIBA, NORTHEASTERN MEXICO

Martínez-López M., Urrutia-Fucugauchi, J. y Rebolledo Vieyra, M.
Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM
Coyoacan, 04510, D.F., Mexico

Results of a magnetostratigraphic and rock-magnetic study of the Cretaceous/Tertiary (K/T) boundary section of La Ceiba are reported. La Ceiba is located in the Tampico-Mizantla carbonate basin in Puebla State, northeastern Mexico. The section is characterized by three sedimentary clastic units, which have been described in detail in previous studies of K/T sections of northern Mexico. Its basal unit is formed by an alternation of calcareous reddish-greenish to gray shales, with calcareous clay layers. Unit II is 1.10-m thick and includes a spherulitic layer at the base and four sandstone layers. The top of the K/T sediments is marked by a clay layer and is covered by the Paleocene Velasco Formation. The Paleocene is represented by 0.7-m dark brown-gray calcarenites with interbedded greenish-gray fine-grained material. Twenty-eight oriented cores were drilled from several beds in the K/T clastic units and the Paleocene sediments. All samples were measured in the laboratory (low-field magnetic susceptibility, NRM intensity and direction). AF and thermal demagnetization was used to investigate on the vectorial composition and stability. The magnetic mineralogy was further studied by imparting samples an isothermal remanent magnetization (IRM) and measuring magnetic hysteresis parameters using the MicroMag system. Well-defined characteristic magnetizations were isolated and used to construct a polarity stratigraphy for the K/T section. The clastic unit II and Paleocene sediments present a reverse polarity magnetization, which correlates with the expected polarity within 29r chron that includes the K/T boundary at 65 Ma.

RAPA-38

MAGNETOSTRATIGRAPHY AND THE AFRICAN-EUROPEAN LATE MIOCENE TERRESTRIAL FAUNA EXCHANGES

Mouloud Benammi and Jaime Urrutia-Fucugauchi
Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
Mexico, D.F., 04510, Mexico

A magnetostratigraphic study has been carried out on a middle Miocene to upper Pliocene lacustrine sedimentary deposit in the central part of the Aït Kandoula basin, which contains micromammal faunas and is situated in the southern High Atlas (Morocco). On the whole, 113 samples were subjected to paleomagnetic analysis: 60 out of the 113 studied samples representing 52 different stratigraphic levels yielded a paleomagnetic direction and at least the polarity could be recognized in 42 specimens. 11 specimens were submitted to AF demagnetization. The mean direction for normal-polarity samples was $D=349.4$, $I=50.7$ ($N=36$, $\alpha_{95}=4.5$, $k=27$) and for reversed polarity samples $D=191.2$, $I=-53.4$ ($N=16$, $\alpha_{95}=12.32$, $k=9$). These results yielded a polarity sequence which we interpret as spanning

from Chron C5n.2n to the beginning of Chron C3n.4n. This interpretation relies on biostratigraphic data previously proposed for a part of the continental fauna found in the basin. This result is in agreement with the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating previously carried out on a volcanic ash layer, which provided an age of 5.9 ± 0.5 Ma [1] and which is shown here to be reversely magnetized. This layer is correlated here with the reverse polarity zone corresponding to Chron C3r.

Biostratigraphic studies on the same section have shown that the micromammal levels extend here only from Middle Vallesian to Upper Turolian (Upper Miocene). Four localities have yielded western European species of micromammals, indicating transmediterranean terrestrial faunal exchanges between these two continents during the late Miocene. The European murid rodent *Occitanomys* is recorded for the first time in North Africa in level 8 of the Afoud section, an age younger than 5.32 Ma being assigned to this level by the present study. Level 1 of the same section yields the lagomorph *Prolagus cf. michauxi*, with an age of 6.1 Ma.

The magnetostratigraphic data suggest therefore that the beginning of terrestrial faunal exchanges between North Africa and Western Europe took place in subchron C3An.1n, at about 6.1 Ma, some 0.4 Myr before the beginning of the Messinian salinity crisis.

RAPA-39

PALEOMAGNETISMO DE LA SECUENCIA VOLCÁNICA DEL RÍO GRANDE DE SANTIAGO (FAJA VOLCÁNICA MEXICANA): REVISITADO

Jose Antonio Gonzalez¹, Luis Alva-Valdivia¹, Avto Gogichaishvili¹, Jose Rosas Elguera², Jaime Urrutia-Fucugauchi¹, Juan Morales¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad de Guadalajara

Realizamos un estudio paleomagnético, de magnetismo de rocas y de paleointensidad de la secuencia volcánica Miocénica de la Faja Volcánica Mexicana cercana a Guadalajara. Un total de 37 flujos de lava consecutivos (mas de 300 núcleos paleomagnéticos estándar orientados) se colectaron en la localidad de Lazo. Se efectuaron varios experimentos de magnetismo de rocas para identificar los portadores magnéticos y obtener información sobre su estabilidad paleomagnética. Esos experimentos combinados con estudios microscópicos muestran que el principal mineral magnético es titanomagnetita pobre en Ti asociada con exsoluciones de ilmenita. Mediciones continuas de susceptibilidad con la temperatura y experimentos de histéresis, resultaron en muchos casos en curvas razonablemente reversibles con puntos de Curie cercanos a los de magnetita con dominios pseudo-sencillo. Se observaron dos inversiones geomagnéticas en la sección compuesta de 300 m de espesor. De acuerdo a la dispersión de direcciones medias de flujo, la variación paleosecular fue menor que la observada en general durante el Cenozoico superior. Considerando nuestros resultados paleomagnéticos junto con datos radiométricos disponibles, parece que las unidades volcánicas se han emplazado durante un tiempo relativamente corto de 1 o 2 Ma. La dirección media paleomagnética calculada de todos los datos es $I=31.1^\circ$, $D=354.6^\circ$, $k=124$ y $a95=2.1^\circ$. 61 muestras con mineralogía magnética primaria aparentemente preservada y sin magnetizaciones secundarias, que principalmente pertenecen a la zona de polaridad inversa se usaron para determinación de paleointensidad por el método de Thellier.

Nuestros resultados al respecto sugieren la existencia de un bajo relativo en la intensidad del campo geomagnético con variaciones ligeras.

RAPA-40

MAGNETOSTRATIGRAPHY OF THE K/T BOUNDARY FROM THE CHICXULUB IMPACT CRATER

Rebolledo-Vieyra, Mario and J. Urrutia-Fucugauchi
Instituto de Geofísica, UNAM

We report the magnetostratigraphy of K/T boundary and the first 15 meters of the Tertiary sedimentary sequence recovered from the Chicxulub Impact Crater by the UNAM Scientific Shallow Drilling Program. Three geomagnetic polarities were determined from the upper Cretaceous to the first 15 meters of the lower Tertiary sedimentary sequence. The Polarities recorded span from the magnetochron 29R to 27R in a 15 m interval, ~2.5 Ma time span, yielding sedimentary rates of 1 m/170 ky for boreholes UNAM-5 (110 km from the center of the crater) and UNAM-7 (127 km from the center of the crater). In these boreholes we found a 50 cm interval between the 29R and the 29N chrons, suggesting that the sedimentation during the 100,000 years from the K/T boundary to the polarity shift, was either interrupted or eroded. Within borehole UNAM-6 (152 km from the center of the crater) it appears that the sedimentary sequence containing magnetochron 29N is missing, the lack of the suevite-like unit, the long duration of a reversal event within the base of the sequence and an unusually low sedimentary rate of 1 m/300 ky, indicate an important hiatus within the K/T boundary and the sedimentary sequence.

RAPA-41

PALEOMAGNETISM AND TECTONICS OF MEXICO, CENTRAL AMERICA, CARIBBEAN AND NORTHERN SOUTH AMERICA

A.M. Soler Arechalde, J. Urrutia Fucugauchi, C. Caballero Miranda, A. Gogitchaichvili, L. Alva Valdivia and G. Bocanegra Noriega, G.

Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM

Paleomagnetic data for widely distributed localities from Mexico, Central America, northern South America and Caribbean are summarized and discussed in terms of their tectonic and paleogeographic implications. Large-scale continental collision of North and South America, including intervening terranes, provide constraints for the plate reconstructions of Atlantic bordering continental landmasses. Most paleoreconstructions imply an allochthonous nature for most of Mexico, Central America and Caribbean. Mesozoic and early Cenozoic evolution of the region was dominated by the drift apart of the major continental plates of North and South America following break up of the Pangea supercontinental assembly. The evolution of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea is associated with the relative motion history of North and South America, which creates the space for the oceanic basin development. However, documentation of the origin and development of the two basins has proved difficult to decipher for a variety of factors including that oceanic crust of the Caribbean plate is allochthonous. Estimation of relative positions and flow lines or motion history for continental plates separated by ocean basins

created by in situ seafloor spreading can be easily determined from the magnetic anomalies and transform fracture zones. Finite plate rotation parameters can be derived, and trajectories of one continent relative to the other can be estimated. Paleomagnetic studies provide quantitative information on paleolatitude, latitudinal translations and relative rotations of large and small tectonic blocks, assisting in distinguishing and characterizing the various tectonic domains in the region. Separation of North and South America is associated with development of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea, translation of terranes now forming Mexico, Central America and western North America, eastward motion of the proto Caribbean plate, drift of Cuba and Haiti and formation of Antilles island arc.

RAPA-42

**ROTATED AND TILTED DOMAINS AROUND THE
COSO GEOTHERMAL FIELD, CA;
PALEOMAGNETISM AND GEOCHEMICAL
CORRELATION OF PLIOCENE LAVAS REVEALS
THE TECTONICS DRIVING A GEOTHERMAL
ANOMALY**

Christopher J. Pluhar and Robert S. Coe
Department of Earth and Marine Sciences, University of
California, Santa Cruz, CA, 95064

Paleomagnetic analysis and geochemical correlation of Pliocene basalts and andesites of the Coso Range, California have allowed us to discern clockwise vertical-axis rotations and down-to-the-west tilting of different domains within the study area since about 3.2 Ma. We have accomplished this by measuring the paleomagnetic remanence of chemically distinctive lavas and comparing mean directions between localities. This reveals about $11.2^{\circ} \pm 6.5^{\circ}$ of clockwise rotation and no tilting of three localities in a heavily faulted region previously considered to be accommodating pure extension, relative to two nearby localities outside the heavily faulted region. This clockwise rotation probably results from Eastern California shear zone dextral motion through the area.

In addition we have determined paleomagnetically that one locality in the Coso geothermal field has tilted between 25° and 52° down to the northwest – a significant result considering the lack of Pliocene paleohorizontal indicators in the geothermal field. This flow also provides a marker, revealing at least 200 m of vertical offset along a range front fault which loosely bounds the Coso geothermal field on the east. This normal faulting, and tilting in the geothermal field probably results in upwards advection of heat in some regions relative to the surroundings while clockwise block rotation in the adjacent region result in no such advection and thus, no known geothermal potential.

RAPA-43

**THE PALEOINTENSITY DATASET: STRENGTHS
AND WEAKNESSES**

Mireille Perrin
(Conferenciante Invitado)

Laboratoire de Géophysique et Tectonique, UMR, CNRS, 5573,
Université Montpellier II, Case 60, 34095 Montpellier Cedex 5,
France

E-mail: perrin@dstu.univ-montp2.fr

IAGA Working Group I-3 (Paleomagnetism) and I-4 (Rock Magnetism) c group initiated in the 1989 the establishment of various paleomagnetic databases among which a paleointensity data base. This paleointensity database was initially constructed by Maseru Kono and Hidefumi Tanaka. Since 1995, Mireille Perrin took in charge the keeping of the database with the help of Elisabeth Schnepf for the update of the 0-5 Ma interval and Valeri Shcherbakov (Russia) for Russian data. Only absolute paleointensity determinations from igneous rocks and baked contacts are registered in the database and each entry corresponds to a mean result for a given cooling unit. Archaeological artifacts are not included. All methods of paleointensity determinations are taken into account as well as all field configurations (normal, reverse or transitional polarity). More than 2000 data are now available from almost 200 references. Although entries almost doubled in the past 5 years which indicates a renewed interest in this type of studies, the quality of the data as well as their temporal and geographic distributions remains extremely uneven and a proper time-averaging of the paleomagnetic field cannot yet be expected, except maybe for the first Ma. However long term features of the dipole field as the existence of a period of low field during most of the Mesozoic are now firmly established even though the transition mode between this Mesozoic low and the Quaternary high field remains unclear. The available paleointensity data set, with its strengths and weaknesses, will be reviewed.

RAPA-44 CARTEL

**ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO Y DE
PALEOINTENSIDAD DE LAS ROCAS VOLCÁNICAS
DEL OLIGOCENO EN CUAHÚTEMOC-LA JUNTA,
CHIHUAHUA (NORTE DE MÉXICO)**

C. Zesati¹, A. Goguitchaichvili², L.M. Alva-Valdivia², J.
Urrutia-Fucugauchi² y C. Caballero²

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua

² Instituto de Geofísica, UNAM

Se realizaron estudios detallados paleomagnéticos, de paleointensidad y de magnetismo de rocas en formaciones volcánicas de Oligoceno en Chihuahua (norte de México) para obtener las condiciones específicas que nos ayuden a descifrar la evolución tectónica del sur del Cinturón Orogénico Cordillerano de Norteamérica y la intensidad del campo geomagnético durante ese período de tiempo. La edad de las unidades volcánicas varía entre 33 y 25 Ma de acuerdo a datos disponibles. Los experimentos de magnetismo de rocas revelan que en muchos casos la remanencia la porta la magnetita resultante de oxi-exsolución de la titanomagnetita original durante el enfriamiento inicial de las rocas. Los espectros de temperaturas de desbloqueo y las altas coercitiviades apuntan relativamente a pequeños granos magnéticos

de dominio pseudo-sencillo para esas titanomagnetitas. También en muchos casos se observaron componentes únicas en las gráficas del proceso de desmagnetización. Nueve sitios muestran magnetización con polaridad inversa, tres normal y una unidad intermedia. Evidencia de una fuerte remagnetización producida por relámpago se detectó en un sitio. Combinando todos los datos actualmente disponibles para el norte de México, obtuvimos una dirección media paleomagnética bien definida para el Eoceno-Oligoceno con $I=48.5^\circ$, $D=337.1^\circ$, $k=20$, $a95=6.8$, $N=24$, la que esta desviada en sentido contrario a las manecillas del reloj de la dirección esperada estimada de la curva de desplazamiento polar aparente de Norteamérica. Esto sugiere una rotación tectónica sobre eje-vertical en el sentido mencionado de alrededor de 16° relativa al cratón de Norteamérica. La transición de compresión Laramide a extensión de Cuencas y Sierras ocurrió durante el Oligoceno, alrededor de 32-30 Ma. La rotación tectónica puede entonces reflejar una extensión este-noreste durante el Cenozoico medio-tardío.

Se seleccionaron 23 muestras para experimentos de paleointensidad de Thellier en razón a su bajo índice de viscosidad, estabilidad en su magnetización remanente y razonable reversibilidad en las curvas termomagnéticas continuas. Solo 12 muestras, provenientes de tres flujos de lava basáltica, dieron estimaciones de paleointensidad confiables con un momento dipolar virtual (VDM) medio que varía de 3.96 a 4.65×10^{22} Am². La combinación de datos mexicanos con los resultados de paleointensidad disponibles de igual calidad dan un VDM medio de 4×10^{22} Am², lo que es comparable o ligeramente mayor que los VDMs medios calculados para el período de “campo bajo” del Mesozoico, pero significativamente más bajo que el valor actual. Esta baja intensidad puede correlacionar con la relativamente alta razón en variación paleosecular propuesta para alrededor de los 30 Ma por varios autores.

RAPA-45 CARTEL

MAGNETISMO DE ROCAS Y PALEOINTENSIDAD DE UNA SECUENCIA DE FLUJOS BASÁLTICOS

Raúl Galván Vergara y Luis M. Alva Valdivia

Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM

Se reportan resultados de diez flujos secuenciales de lava pertenecientes al volcán Xitle (2000 BP) con 124 núcleos que cubren un espesor total aproximado de 35 m. Se midieron propiedades magnéticas de muestras seleccionadas de cada flujo: temperatura Curie, magnetización de saturación, susceptibilidad magnética vs. temperatura, intensidad de remanencia y parámetros de histéresis. La desmagnetización por campos alternos muestra una sola componente (característica) que coincide con la dirección de campo geomagnético actual. Los VDM calculados muestran todos la esperada polaridad normal. Observaciones de los óxidos magnéticos indican que se trata de titanomagnetitas oxidadas deutéricamente. Resultados de propiedades magnéticas indican titanomagnetitas pobres en Ti como portadores de la magnetización. Se determinó paleointensidad por el método de Thellier modificado usando doble calentamiento y chequeos de la pTRM, obteniéndose resultados de razonable buena calidad según los parámetros de calidad (f-, g- y factor-q). El valor promedio de paleointensidad es de 52 mT que es consistente con los datos globales para este período.

RAPA-46 CARTEL

PALEOMAGNETIC AND PALEOINTENSITY STUDIES IN THE POPOCATEPETL VOLCANO, CENTRAL MEXICO

G. Conte, A. Goguitchaichvili, J. Urrutia-fucugauchi, and A.M. Soler-Arechalde

Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM
Coyoacán, D.F., 04510, Mexico

We report on a paleomagnetic and paleointensity study of volcanic units of the Popocatepetl volcanic complex, at the volcanic front of the Trans-Mexican volcanic belt. Popocatepetl is one of the largest composite calc-alkaline active volcanoes of the magnetic arc, and it has been active since 1994. It is formed by thick sequences of lava flows, tuffs, breccias and unconsolidated pyroclastic deposits, which represent repetitive periods of construction separated by periods of destruction of the volcanic complex. Rock-magnetic experiments reveal that remanence is carried in most cases by Ti-poor titanomagnetites, resulting of oxy-exsolution of original titanomagnetite during the initial flow cooling. Unblocking temperature spectra and relatively 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 sites yield normal polarity magnetization, in agreement with previous studies. An evidence of strong lightning-produced magnetization overprint was detected for one site. Combining all paleomagnetic data currently available for the lava flows associated to Popocatepetl Volcano, we obtained a mean paleodirection $N=15^\circ$, $I=35.4^\circ$, $D=345.7^\circ$, $k=21$, $a95=8.5$. Twenty-five samples were pre-selected for Thellier palaeointensity experiments because of their stable remanent magnetization and reasonably reversible continuous thermomagnetic curves. Only 14 samples, coming from 4 individual basaltic lava flows, yielded reliable paleointensity estimates with the flow-mean virtual dipole moments (VDM) ranging from 5.9 to 9.2×10^{22} Am². Our results, although not numerous, are of high technical quality and comparable to other paleointensity data recently obtained on younger lava flows. 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 which is slightly lower than present day value.

RAPA-47 CARTEL

RECONOCIMIENTO PALAEOMAGNÉTICO DEL TERRENO GUANIGUANICO, OESTE DE CUBA

Alva-Valdivia, L.M.¹, Goguitchaichvili, A.¹, Cobiella-Reguera, J.², Urrutia-Fucugauchi, J.¹, Fundora-Granda, M.³, Grajales-Nishimura, J.M.⁴ y Rosales, C.⁵

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

Deleg. Coyoacan, Mexico, D.F., 04510, Mexico

² Depto. de Geología, Universidad de Pinar del Rio, Cuba

³ Depto. de Geofísica, Instituto de Geofísica y Astronomía, Cuba

⁴ Diagenesis y Sedimentología, Instituto Mexicano del Petróleo, Mexico

⁵ Micropaleontología Bioestratigrafía, Instituto Mexicano del Petróleo, Mexico

Se realizó un estudio paleomagnético y de magnetismo de rocas en el Terreno Guaniguanico (Jurásico-Cretácico; 15 sitios, 112 núcleos orientados) para establecer la magnetoestratigrafía de forma preliminar y obtener algunas condiciones restrictivas de la evolución tectónica del oeste de Cuba. Los experimentos de magnetismo de rocas indican que los principales portadores de remanencia son las titanomagnetitas pobres en titanio. En unas cuantas muestras parecen estar presentes dos fases magnéticas: algunas espinelas, que saturan en campos magnéticos moderados y goetita, con coercitividades mayores. En dos unidades es evidente la presencia de hematita (o mezcla de espinelas y hematita). En muchos casos las paleodirecciones características pudieron determinarse sobre 300°C. Once sitios dan polaridad normal y cuatro inversa. Las zonas de polaridad pueden correlacionar tentativamente con los crons CM29 - C24 en la escala de referencia geomagnética de tiempo-polaridad. La paleodirección media calculada para todos los sitios es $D_m=335.7^\circ$, $I_m=43.1^\circ$, $k=11$, $a_{95}=12.3$ y $N=15$. El paleopolo correspondiente es $Plat=66.4^\circ$, $Plong=205.8^\circ$, $K=13$ y $A_{95}=11.1$. Este polo no es significativamente distinto de los polos para el Jurásico-Cretácico de Norteamérica. Esto sugiere que no han ocurrido ni grandes desplazamientos latitudinales ni deformación desde el Jurásico, en contraste a modelos tectónicos previamente propuestos.

RAPA-48 CARTEL

MICROPULSACIONES GEOMAGNETICAS DURANTE EL PASO DE EJECCIONES DE MASA CORONAL INTERPLANETARIAS (ICME)

J.A.L. Cruz-Abeyro¹, A. Lara², C.T. Russell³ y H. Schwarzl⁴

¹ Depto. Estudios Espaciales, Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: lcabeyro@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

² Depto. Investigaciones Solares y Planetarias, Instituto de Geofísica, UNAM

³ Institute of Geophysics and Planetary physics, University of California, Los Angeles

⁴ Space Physics Research Institute, Graz, Austria

En este trabajo presentamos observaciones micropulsaciones geomagnéticas registradas en la superficie de la Tierra usando magnetómetros flux gate diseñados por la Universidad de Los Angeles, UCLA. Las pulsaciones fueron medidas durante el paso de 17 estructuras relacionadas con eyecciones de masa coronal interplanetarias. Nosotros investigamos las micropulsaciones antes del choque, y durante la funda y el eyecta. Antes del choque no hubo ocurrencia de Pc3 en todos los eventos pero vimos ocurrencia de

Pc4 y Pc5. Durante la funda las Pc3 aparecen y hay un incremento en el número de Pc4 y Pc5, finalmente durante el eyecta el número de pulsaciones Pc3 se incrementa pero no mucho el número de pulsaciones en las bandas Pc4 y Pc5. No encontramos claras diferencias en la distribución de amplitudes durante las tres fases. Pero en la distribución de la duración de las pulsaciones se muestra un claro cambio durante las tres fases mostrando un corrimiento de la distribución de cortas duraciones de las pulsaciones antes del choque a duraciones largas de las pulsaciones durante la funda y el eyecta.

Reunión Anual 2001

Sesión

Redes Sísmicas en México

Miércoles 7

SALA D

REDES-01

EL SISTEMA DE MONITOREO Y VIGILANCIA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL. 6.5 AÑOS DE OPERACIÓN

Enrique Guevara O.¹, Roberto Quaas W.¹, Carlos Valdés^{1,2},
Gilberto Castelán P.¹, Alicia Martínez B.¹, Javier Ortiz C.¹,
Francisco Galicia¹ y Ángel Gómez V.¹

¹ Centro Nacional de Prevención de Desastres

² Instituto de Geofísica, UNAM

La mejor manera de percibir y evaluar el estado de actividad y riesgo asociado a un volcán, es a través de la observación y vigilancia sistemática mediante diversos métodos visuales e instrumentales. Si estos se aplican en forma anticipada en las fases previas a un proceso eruptivo, es posible, en la mayoría de los casos, detectar oportunamente un cambio cualitativo y cuantitativo de la actividad que inclusive pudiese conducir a una predicción en el corto plazo de un proceso eruptivo inminente y poner en marcha, por parte de las autoridades de Protección Civil, el plan de emergencia previamente establecido.

El sistema de vigilancia y monitoreo del volcán Popocatepetl ha demostrado su utilidad en la evaluación de la actividad del volcán desde 1994. En un esfuerzo conjunto del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), de la Secretaría de Gobernación; de los Institutos de Geofísica e Ingeniería, de la Universidad Nacional Autónoma de México; y con la colaboración del Observatorio Vulcanológico de los Cascades (CVO), y del Servicio Geológico de los Estados Unidos (U.S. Geological Survey); se estableció en los últimos años un moderno y completo sistema de observación telemétrico con una central de adquisición y procesamiento de datos.

Este sistema, ha logrado en más de 6 años de funcionamiento interrumpido y gracias al enorme esfuerzo realizado por parte del personal encargado, proporcionar una extensa infraestructura para el registro y monitoreo. Esto ha permitido la vigilancia estrecha del volcán Popocatepetl así como la detección oportuna de cualquier cambio en su estado de actividad.

La red de monitoreo del Popocatepetl actualmente está compuesta por 15 estaciones localizadas en las laderas circundantes del volcán, en sitios con altitudes de hasta 4300m y a 1.5 km del cráter. La instrumentación consta de 8 sismógrafos de periodo corto y 3 de banda ancha; 4 inclinómetros biaxiales para medir deformación; una cámara de video controlada en forma remota desde el CENAPRED con enlace de microondas; 3 detectores de flujo en el costado norte del volcán; un radar doppler meteorológico (actualmente dañado); una cámara térmica y diversos equipos para mediciones geodésicas, análisis químicos, determinación de las concentraciones de gases SO₂ y CO₂.

Más de 50 señales de telemetría son transmitidas en forma continua hacia el puesto central de registro y procesamiento localizado en el CENAPRED. Allí se reciben todas las señales y mediante una extensa red de computadoras, la actividad es monitoreada y procesada las 24 horas del día.

Al detectarse cualquier incremento anormal de la actividad sísmica del volcán, se acciona una de alarma acústica y a través de un sistema de marcado automático se envían mensajes a teléfonos

particulares, celulares y radio-localizadores del personal de guardia, indicando la intensidad de las señales en diferentes estaciones sísmicas.

Del análisis de la información del volcán, las recomendaciones relativas al nivel de alertamiento son tomadas por el Comité Técnico Científico Asesor, integrado por investigadores de la UNAM y del CENAPRED. Mediante reportes especiales, autoridades del gobierno y de Protección Civil son informadas periódicamente acerca del nivel de actividad del volcán. Para el público en general se dispone de un buzón telefónico, el Popotel (5205-1036 y 01-800-123-5050), con mensajes sobre su estado de actividad, así como una página en Internet actualizada diariamente (www.cenapred.unam.mx).

En este trabajo se presenta una descripción de la red sísmica del volcán Popocatepetl y del sistema de monitoreo en general, así como algunos de los resultados obtenidos en más de 6 años de operación del Sistema.

REDES-02

RED DE MONITOREO SISMICO DEL VOLCÁN PICO DE ORIZABA

Roberto Quaas W.¹, Enrique Guevara O.¹, Ignacio Mora G.²,
Gilberto Castelán P.¹, Carlos Valdés G.¹, Ana María Alarcón
F.² y Javier Ortiz C.¹

¹ Centro Nacional de Prevención de Desastres

² Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana

El volcán Citlaltépetl (Pico de Orizaba) (19°01'N, 97°16'W, 5,675 m.) se localiza en la parte más al Este del Cinturón Volcánico Transmexicano y en la frontera entre los Estados de Puebla y Veracruz, a menos de 100 Km del Golfo de México. Este volcán se considera actualmente como un volcán activo, razón por la cual se decidió la instalación de un sistema de monitoreo y vigilancia del Citlaltépetl, que permita conocer el nivel de actividad base o de fondo y detectar oportunamente algún incremento que pudiera indicar un reactivamiento y poner en riesgo a la población. Como parte del proyecto conjunto entre el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana (CCTUV) y la Subsecretaría de Protección Civil del Estado de Veracruz, se inició la vigilancia de los volcanes activos en el Estado de Veracruz. Como primer paso se propuso la instalación de la red de monitoreo sísmico para el estudio del Citlaltépetl, a fin de detectar en forma oportuna cualquier señal de actividad que pudiese presentar, así como definir las características que lo distinguen de otros volcanes activos. La primera estación de esta red se instaló el 20 de marzo de 1998 en el flanco norte del volcán a una altura de 4150 msnm, asignándosele el nombre de Halcón con clave POH; el equipo de ésta estación consiste en sismómetro vertical de periodo corto, acondicionador analógico, equipo de telemetría y celdas solares con baterías en flotación. La señal telemétrica se envía directamente al CCTUV en Xalapa, Veracruz y a CENAPRED a través de una repetidora en el volcán Popocatepetl. POH ha detectado 465 microsismos pero debido a que sólo es de una componente no fue posible determinar la ubicación de los mismos. El siguiente paso se llevó a cabo el 22 de junio del 2001 con el inicio en operación de la segunda estación en el flanco sur del volcán a una altura de 4438 msnm, a la cual se le asignó con el nombre de Chipe y su clave correspondiente es POC. La instrumentación para POC consiste en un sismómetro

triaxial de periodo corto, acondicionador analógico, equipo de telemetría y celdas solares con baterías de flotación. Por no contar con línea de vista hacia la ciudad de Xalapa la señal de telemétrica sólo llega a CENAPRED y de ahí se envía al CCTUV a través de Internet. Los primeros resultados obtenidos con la nueva estación han permitido localizar ya algunos sismos volcano-tectónicos relacionados con la actividad del Citlaltépetl. En este trabajo se presenta una descripción de las estaciones sísmicas y características del equipo, el crecimiento del proyecto a corto plazo así como un resumen de los resultados obtenidos.

REDES-03

RED SÍSMICA DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS, PUE.

Javier Lermo Samaniego, Henry Kemper Castro y Walter Kemper Castro

Instituto de Ingeniería, UNAM
Cd. Universitaria, Apdo. Postal #70-472, Coyoacán, 04510,
México, D.F.
E-mail: lermo@inti.iingen.unam.mx

La Red Sísmica de los Humeros lo diseñó e instaló Kinematics en noviembre de 1997, en los alrededores del campo geotérmico de Los Humeros, Pue. La red consiste en un Sistema de Monitoreo Sísmico desarrollado por Kinematics, formado por 6 estaciones remotas con 3 canales de datos cada una (componentes Z, NS y EW). Estos 18 canales de datos son transmitidos a una estación central por medio de una estación repetidora, para su procesamiento y grabación, usando la transmisión de datos digital de espectro extendido.

El objetivo de la Comisión Federal de Electricidad es registrar la sismicidad local natural y la inducida por la explotación del campo.

En la estación central, el sistema de procesamiento en tiempo real adquiere y procesa datos sísmicos. El sistema consiste de dos ordenadores montados en un estante industrial. La primera computadora graba los eventos sísmicos. Los ficheros de datos de la forma de onda se transfieren automáticamente a la segunda computadora para el procesamiento de datos fuera de línea por medio de una Red Lantastic. Esta computadora realiza automáticamente la localización del epicentro del movimiento sísmico y determina su magnitud, así como su impresión. Luego los datos son movidos a una estación de trabajo para el procesamiento avanzado de datos fuera de línea, usando su disco duro movable o por medio de la Red Lantastic.

Las seis estaciones telemétricas de campo consisten de:

- Tres sismómetros de período corto SS-1 Ranger (1 segundo).
- Un registrador digital Kinematics Altus K2 de, el cual es configurado para disparo STA/LTA, sus archivos eventos son almacenados en su disco duro.
- Un Transceiver Spread Spectrum FreeWave (DGR-115H).
- La caseta, su torre y su reja para su protección.
- Antena de GPS y antena Yagi TY-900.
- Paneles solares, baterías de gel y sus circuitos de carga.

Dentro de los planes de mejoramiento se hará un rediseño que nos permita ingresar al registrador por su puerto RS-232C y no por su puerto actualmente usado Auxiliar. Este enlace nos permitirá visualizar y afinar los parámetros de disparo de cada estación, también nos permitirá la transferencia de sus archivos eventos grabados en su disco duro, y así evitar las constantes visitas a las estaciones remotas.

REDES-04

LA RED SISMICA DEL ESTADO DE PUEBLA (RESEP)

G.J. González Pomposo¹, S.G. Félix Romero¹, J. Pacheco Alvarado², A. Pérez Soto¹ y R. García García¹

¹ Facultad de Ingeniería, BUAP

² Instituto de Geofísica, UNAM

El estado de Puebla por su ubicación y a través de su historia ha mostrado su vulnerabilidad ante la ocurrencia de temblores fuertes, tales como el ocurrido en Orizaba el 28 de agosto de 1973 de magnitud 7.0, el de Huajuapán de León de magnitud 6.5 ocurrido el 24 de octubre de 1980 y el de Tehuacán ocurrido el 15 de junio de 1999 de magnitud 6.7; que ocasionaron daños estructurales importantes en edificios habitacionales, históricos y obra civil. Además es esencial señalar que estos temblores dejaron heridos y causaron la muerte de un sin número de habitantes en los estados de Puebla y Veracruz. El conocimiento y estudio de la actividad sísmica, así como la evaluación del peligro y riesgo que se genera al ocurrir fuertes temblores, constituyen una fuente de información fundamental para la prevención de desastres, asimismo genera líneas de investigación que pueden contribuir a la elaboración de planes de contingencia para desalojar zonas que se ubican en las partes de mayor riesgo sísmico en el Estado. La obtención de datos reales por una red sismológica contribuye al estudio de la fuente sísmica, esto permite conocer las regiones más susceptibles a sufrir desastres, evitando así, graves consecuencias sociales y económicas. En noviembre de 1985 se puso en funcionamiento la RESEP, con el objeto de recabar información sobre la actividad sísmica generada en el Estado y sus inmediaciones. Inicialmente la red contó con tres estaciones ubicadas; en Chiautla de Tapia (CHP) al S-W del Estado; Molcaxac (MOP) al centro; y Cuyoaco (CUP) al norte. En 1986 se amplió ésta con una estación más en Coxcatlán (CXP) al S-E. En 1987 se incrementa el número de estaciones con tres, localizadas en las poblaciones de Chila de las Flores (CIP) al sur del Estado; en Ciudad Universitaria Puebla (UAP) y la de Xalitzintla (XLP), cercana al volcán Popocatepetl. Estas siete estaciones analógicas con registro en papel ahumado, trabajaron ininterrumpidamente hasta agosto de 1989. El total de eventos registrados por la RESEP fue de 580, entre las magnitudes de 2.0 a 5.3 en la escala de Richter. Actualmente la RESEP, cuenta desde 1998 con tres estaciones: UAP y SRP; ubicadas en la Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, en el poblado de Santa Rosa, municipio de Tecamachalco, respectivamente y una tercera estación recién instalada en las oficinas del Sistema Estatal de Protección Civil (SEPROCI). Las estaciones son analógicas con registro en papel (tinta), la estación UAP registra las componentes vertical y horizontal en la posición N-S, para sismos de magnitudes mayores a 4.0, dependiendo de la distancia epicentral. Las estaciones SRP y SEPROCI, solamente registran la componente vertical. Los objetivos de la red son:

1. Registrar la sismicidad regional, con el propósito de conocer sus parámetros (magnitud y distancia epicentral) que pueden llegar a afectar al estado de Puebla.
2. Monitoreo continuo de la actividad sísmica registrada en el estado de Puebla, asociadas a estructuras geológicamente activas (monitoreo sísmico).
3. Determinar el grado de atenuación de las ondas sísmicas en la región.
4. Determinar el peligro y el riesgo sísmico existente en el estado de Puebla.
5. Desarrollo de un notificador sísmico de bajo costo.
6. Monitoreo continuo de la actividad sísmica de los volcanes activos de la región (monitoreo volcánico).

Por último el 4 de noviembre de 2000 se instaló una Red Temporal en el estado de Puebla con el apoyo del Servicio Sismológico Nacional, con el fin de conocer parámetros de fuente sísmica asociadas a estructuras geológicamente activas en la región de Puebla. Las estaciones se localizaron en los municipios de Cuesta Blanca (CBPU) y Guadalupe Victoria (GVPU). La Red operó hasta el 8 de diciembre de 2000 y registraron solamente 3 eventos locales.

REDES-05

LA RED SÍSMICA DEL VALLE DE MÉXICO: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS

L. Quintanar¹, Z. Jiménez¹, J. Yamamoto¹, M. Delgadillo¹ y R. Ortega²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² University of Texas at El Paso

Creada en 1993, con el financiamiento del Departamento del Distrito Federal, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y manejada por el Instituto de Geofísica, la Red Sísmica del Valle de México (RSVM) fue originalmente planeada como una red sísmica local enfocada al registro de señales sísmicas de período corto provenientes de eventos (de cualquier tipo) originados dentro de la cuenca de México. El arreglo de estaciones ha ido paulatinamente creciendo en los últimos 5 años, contando actualmente con 9 estaciones digitales telemétricas de período corto. Las estaciones se han equipado con sensores verticales (o triaxiales) asociándose in situ un digitalizador diseñado, fabricado y calibrado en el Instituto de Geofísica de la UNAM y se han ubicado en diferentes sitios distribuidos tanto dentro de la Cuenca de México como en la periferia, complementándose con tres estaciones de banda ancha pertenecientes a la Red Nacional de Observatorios Sismológicos del Servicio Sismológico Nacional y tres estaciones de la red SISMEX del Instituto de Ingeniería. Las señales de período corto son transmitidas en tiempo real al centro de detección y manejo de datos del Servicio Sismológico Nacional, en donde, además de ser almacenadas en una base de datos propia, son utilizadas como complemento de las estaciones del SSN para su labor rutinaria de localización de eventos a nivel nacional.

La continuidad de operación de RSVM ha permitido un monitoreo eficaz de la actividad sísmica de la cuenca de México y a su vez la cobertura de la red ha permitido la determinación de

epicentros con mayor confianza permitiendo la identificación de zonas precisas de actividad sísmica dentro de dicha cuenca. Así, se ha podido distinguir franjas de sismicidad con dirección aproximada sureste-noroeste a lo largo de la parte oriental de la cuenca, sobresaliendo:

- Zona de Milpa Alta, D.F.
- Zona de Río Frío, Méx.
- Zona de Texcoco, Méx.

Gracias a la homogeneidad y calibración de los instrumentos instalados, ha sido posible hacer el análisis de mecanismos focales compuestos en las principales zonas de actividad detectadas. En particular se han obtenido fracturamientos acordes con una campo tensional de esfuerzos en dirección Norte-Sur, tal como se ha observado en otras regiones de la Faja Volcánica Mexicana.

Asimismo se han hecho estudios de propagación de ondas, estimándose relaciones empíricas de atenuación y un valor promedio del factor de calidad Q entre 0.7 y 7 Hz. De la separación de los términos fuente, sitio y propagación ha sido posible distinguir sismos tectónicos, volcánicos y explosiones.

Las perspectivas a futuro para la RSVM son el mejoramiento de la calidad de la información mediante la sustitución paulatina de mejores instrumentos en aquellos sitios ya identificados como de alta actividad. Así mismo, dada la relativamente baja magnitud de la sismicidad, es necesario contar con una mayor densidad de las estaciones.

REDES-06

REDES SÍSMICAS LOCALES EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA

Arellano G., Álvarez S., Acosta J., Frez J., González J., Nava A., Carlos J., Méndez I. y Gálvez O.
Depto. de Sismología, CICESE

Se describen seis campañas de adquisición de datos de microsisismicidad en las principales zonas sismogénicas del norte de Baja California, cuyo objetivo es el estudio de la sismotectónica y la respuesta sísmica de los suelos. Las zonas de fallas cubiertas son: San Miguel-Calabazas (SM), Ojos Negros (ON), Tres Hermanas (TH), Sierra Juárez (SJ), Agua Blanca (AB) y Vallecitos (VA). Esta presentación describe los procedimientos de campo, las características instrumentales y los procesos computacionales para la formación de la base de datos. La cobertura de esta región tan amplia se realizó en las siguientes etapas: SIERRA97, durante 40 días de 1997 se instalaron 29 estaciones sismológicas digitales y se registraron sismos originados en la porción norte-centro de SM, ON, TH y la porción sur-centro de SJ; SIERRA98, que duró 127 días de 1998, constó de 31 estaciones y registró sismos del extremo sur-centro de SM, SJ, ON y TH; SIERRA99, durante 40 días de 1999, con 17 estaciones, registró sismos de la porción norte de SM, sur de VA y una banda sísmica que une el extremo noroeste de SM con la costa norte de Ensenada; COSTA00, con 19 estaciones en la costa de Ensenada, durante 37 días de 2000; ABLANCA01, durante 65 días de 2001, 41 estaciones distribuidas a lo largo de 120 km de la falla AB; y VALLECITOS01, con 29 estaciones alrededor de la falla VA, durante 55 días de 2001.

En todas las etapas se utilizó equipo sismológico prestado por IRIS-PASSCAL, consistente en grabadoras digitales REFTEK 72A-07/G y sensores triaxiales MARK L28 y L22. Las distribuciones de estaciones optimizaron el control vertical de las localizaciones hipocentrales y permitieron buena cobertura acimutal. Durante dos de las etapas se puso atención a la cobertura de diferentes tipos de suelos. Se grabó en forma continua o por disparo dependiendo de las características del ruido sísmico ambiental. El intervalo de muestreo mínimo es de 0.01 s. La resolución de grabación es de 32 bits. Los datos de campo son sometidos a cambios de formatos, corrección de tiempo absoluto y a un proceso de agrupamiento por "evento". Generalmente se obtienen decenas de miles de evento por cada mes de monitoreo. Se hace una selección de "eventos locales", primero por medio de un índice de tiempos de "disparo" y estaciones registradoras y, luego, por inspección visual que toma en cuenta los tiempos S-P y el número efectivo de estaciones; esto reduce el número de eventos a unos 500 por mes. Los sismogramas seleccionados son leídos con el programa SAC. La interpretación de los datos se presenta en otros trabajos.

REDES-07

RESCO: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS

Gabriel A. Reyes-Dávila y Carlos A. Ramírez Vázquez
RESCO, CUEIV, Universidad de Colima

La Red Sismológica Telemétrica del Estado de Colima, RESCO, surge de un convenio de colaboración específico entre el Gobierno y la Universidad del Estado de Colima para el estudio de la sismicidad en la región, especialmente la asociada al Volcán de Colima, con fines de protección civil. Desde su inicio, el proyecto ha sido apoyado por investigadores del Instituto de Geofísica de la UNAM.

La red cuenta actualmente con 10 estaciones sísmicas integradas por sensores de periodo corto y componente vertical y la electrónica necesaria para la transmisión de la señal sísmica en forma analógica a una estación central de adquisición y procesamiento de datos. En esta última, la señal es graficada a tinta sobre papel y convertida a información digital a una razón de 100 muestras por segundo y 16 bits de resolución para su procesamiento y análisis fuera de línea. Toda la información digital es respaldada en discos compactos en formato PCSUDS.

La información generada por la red ha sido de fundamental importancia para el manejo adecuado, por las autoridades de los sistemas estatales de protección civil de los estados de Colima y Jalisco, de las situaciones extraordinarias producto de la actividad del Volcán de Colima así como de la actividad sísmica de carácter tectónico de la región, principalmente en 1991, 1994, 1995 y el periodo de 1998 al presente año. Así mismo, la información generada ha sido materia prima para la generación de artículos de investigación, presentaciones a congresos, la elaboración de tesis para estudiantes de licenciatura y maestría y prácticas de campo.

Durante el presente año se ha iniciado la instalación de estaciones sísmicas de banda ancha con tres componentes y transmisión digital, estimándose que dentro del próximo año estarán en operación siete estaciones de este tipo. Así mismo, con el apoyo del Programa de Asistencia a Desastres Volcánicos del Servicio Geológico de los Estados Unidos se ha instalado el sistema earthworm para la adquisición y procesamiento de datos en tiempo

real con lo cual se reducirán los tiempos de respuesta ante eventualidades sísmicas y se facilitará el intercambio de información con otras instituciones.

REDES-08

PROYECTO PARA EL MONITOREO SISMICO DEL ESTADO DE TLAXCALA

G.J. González Pomposo, A. Pérez Soto, A.E. Posada Sánchez,
J. Jiménez Barroso, S.G. Félix Romero y F. Meneses Mena
Benemerita Universidad Autonoma de Puebla

El estado de Tlaxcala se caracteriza por un acelerado crecimiento demográfico, aunado a importantes inversiones en infraestructura tanto del orden civil como del industrial. La Ciudad de Tlaxcala ha crecido igual que el resto de las ciudades importantes del país lo que origina que se registre un incremento en las construcciones y por tanto un decremento del espacio físico, generando la necesidad de construir edificios de varios niveles, tanto para las actividades sociales como industriales. Debido a ello, es de vital importancia contar con registros de aceleraciones de terreno específicos de la ciudad para así, mediante un reglamento de Diseño Sísmico, brindar seguridad a las construcciones y a sus habitantes, además de conocer las fuentes sísmicas locales que puedan generar sismos de importancia para la entidad. Esto cobra mayor sentido cuando, revisando la historia sísmica del Estado, encontramos que en él se han producido alrededor de 40 sismos, cuyos epicentros se localizaron en las ciudades de Tlaxcala, Apizaco y Huamantla; también se debe tener en cuenta que de acuerdo a la zonificación sísmica de la República Mexicana propuesta en el Manual de Diseño Sísmico de la C.F.E. en 1993, el Estado queda situado dentro de la zona de baja sismicidad; pero no debe dejar de considerarse la cercanía del estado a la zona de subducción del país y a la región de Ciudad Serdán, en donde se han originado durante los últimos cincuenta años, movimientos tectónicos de magnitud mayor a los 6.5 grados en la Escala de Richter y de intensidad superior a los VIII grados en la Escala de Mercalli Modificada (MM), habiendo evidencia de que el ocurrido el 28 de agosto de 1973 con epicentro localizado en la región sureste del estado de Puebla con magnitud de 6.8 grados, ha sido el más destructivo del siglo pasado en el estado de Tlaxcala de acuerdo a los registros de Protección Civil. Por otra parte, el sismo que se registró el 19 de septiembre de 1985 en la Brecha de Michoacán, ocasionó en la Ciudad de Tlaxcala agrietamientos en casas habitación de hasta 1.0 cm de separación. En lo que se refiere al sismo del 14 de septiembre de 1995, cuyo epicentro estuvo a 90 km de Acapulco, provocó problemas en las estructuras de los edificios del CENDI en Tlaxcala y Apizaco donde se presentaron agrietamientos muy severos en techos y paredes, lo que obligó a inhabilitarlos hasta que se repararon los daños. En algunas casas de la colonia "La Loma" de la Ciudad de Tlaxcala se presentaron agrietamientos en las paredes hasta de 2.5 cm. de separación, adicionalmente se tuvieron fugas de gas. Finalmente es importante mencionar que el sismo del 15 de junio de 1999, provocó daños directos moderados, diversos a estructuras y fenómenos aislados de licuación. Se realizó una zonificación preliminar de los suelos de la Ciudad de Tlaxcala, con base a cortes estratigráficos obtenidos de excavaciones y perforaciones de pozos realizados por diferentes dependencias. Por esta razón se propone la instalación de dos redes de monitoreo sísmico, la primera para conocer las características sismológicas de la región y la segunda para determinar el comportamiento de los diferentes tipos de suelo de la Ciudad Capital. Los objetivos de la Red Sísmica del Estado de Tlaxcala son:

1.- Monitoreo continuo de la actividad sísmica registrada en el estado de Tlaxcala, asociadas a estructuras geológicamente activas.

2.- Determinar el grado de atenuación de las ondas sísmicas en la región.

3.- Determinar el peligro y el riesgo sísmico existente en el estado de Tlaxcala.

4.- Monitoreo sísmico del volcán La Malinche, con el propósito de determinar su grado de actividad

Dentro de los objetivos de la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Tlaxcala tenemos:

1.- Registro acelerográfico de los Temblores de intensidad moderada a fuerte, producidos local y regionalmente.

2.- Análisis y procesamiento de la información para obtener los Espectros de Fourier de sitio en la Cd. de Tlaxcala.

Obtención de los espectros de respuesta correspondientes al sitio de observación.

Identificación de las mayores amplificaciones sísmicas para el sitio (riesgo sísmico).

REDES-09

SISTEMA DE INFORMACION SISMOTELEMETRICA DE MÉXICO

Javier Lermo Samaniego, Henry Kemper Castro y Walter
Kemper Castro
Instituto de Ingeniería, UNAM
Cd. Universitaria, Apdo. Postal #70-472, Coyoacán, 04510,
México, D.F.
E-mail: lermo@inti.iingen.unam.mx

SISMEX es la red de telemetría analógica del Instituto de Ingeniería de la UNAM para el estudio sismológico del Valle de México. Actualmente el mantenimiento y operación de las estaciones remotas (Figura 1), está a cargo del Departamento de Ingeniería Sismológica del Instituto.

En estos últimos años se han realizado acciones para transformar SISMEX de una red analógica en una red totalmente digital. Entre los avances más significados logrados ha sido:

Instalación de Seislog para QNX. Actualización del programa de adquisición, procesamiento y almacenamiento en el puesto central de SISMEX. Este programa fue desarrollado por la Universidad de Bergen (Noruega) y corre en el sistema operativo de QNX para el análisis en tiempo real de la información transmitida por las estaciones remotas.

Implementación de una estación “piloto” telemétrica digital. Proyecto requerido por el DDF de la Ciudad de México para el monitoreo de la actividad sismológica del cerro del Chiquihuitle (Distrito Federal).

Nuestro plan a futuro para seguir mejorando su funcionamiento son:

Sensores de banda ancha. Reemplazar los sensores de 1HZ por sensores de 20Hz en las estaciones remotas.

Rediseño de la electrónica utilizada. Modernización de las tarjetas con dispositivos electrónicos actuales para mejorar la transmisión e inmunidad al ruido.

Diseño de una estación telemétrica digital. Paralelamente desarrollar una estación “piloto” de telemetría digital con el objetivo de que sea el estándar a futuro de la red telemétrica SISMEX.

REDES-10

OBSERVACIONES DE MICROTREMORES REGISTRADOS POR LA RED SISMICA RESNOM DE BAJA CALIFORNIA, MEXICO

Raúl R. Castro, Luis H. Mendoza, Luis Inzunza, Luis R.
Orozco, Cecilio J. Rebollar, Francisco J. Farfán, Jesús O.
Gálvez and Ignacio Méndez
Depto. de Sismología, División Ciencias de la Tierra, CICESE

Mediante el análisis espectral de microtemores registrados *in situ* y por la red sísmica RESNOM, evaluamos la respuesta de sitio y la instrumental de ocho estaciones de la red. La frecuencia de resonancia de las estaciones se determinó usando cocientes espectrales entre las componentes horizontal y vertical de registros obtenidos *in situ* con un sismógrafo SSR-1 y sensores de 5 segundos de periodo natural. Aunque la mayoría de las estaciones tiene una respuesta de sitio aproximadamente constante entre 0.4 y 25 Hz, una de las estaciones analizadas (PBX) muestra una clara frecuencia de resonancia en 2.5 Hz. La estación PBX esta instalada sobre roca, sin embargo, la topografía y las características superficiales cercanas al sitio pueden influenciar la respuesta sísmica de esta estación.

En general, los cocientes espectrales calculados separadamente para las componentes norte-sur y este-oeste tienen la misma forma espectral y el nivel de amplificación esta dentro del rango de incertidumbre de las estimaciones.

También usamos registros de microtemores obtenidos por las estaciones permanentes, en combinación con registros *in situ*, para verificar la respuesta instrumental de las estaciones del sistema RESNOM. Encontramos que los microtemores registrados son aproximadamente invariantes en el tiempo. Esta característica nos permitió usar ruido ambiental registrado por una estación portátil bien calibrada para verificar la respuesta instrumental de las estaciones permanentes.

REDES-11

USO DE SISMÓGRAFOS DE VELOCIDAD GBV EN LA DETECCIÓN SÍSMICA EN HUIMILPAN, QUERÉTARO

J.M. Gómez, E. Nava, A. Nieto, S. Alaniz, M. Guzmán, y R.
Zúñiga
Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra, UNAM

La Faja Neovolcánica es una zona poco estudiada desde el punto de vista sismológico. Esto se debe principalmente al bajo índice de recurrencia de eventos “destructivos”, así como a que el cúmulo de esfuerzos de investigación se ha enfocado a los sismos

de subducción o a los que ocurren en otros límites de placas, como es el caso del Noroeste de México. Recientemente se han hecho algunas campañas de detección de sismicidad en el centro de México por investigadores del Instituto de Geofísica y de Ingeniería de la UNAM, así como por algunas otras instituciones del país. Sin embargo, tanto los esfuerzos aplicados como los resultados obtenidos son aún precarios. Una de las razones es el bajo nivel de sismicidad regional. Pese a ello, algunos eventos recientes son una alerta para no disminuir el interés. Tal es el caso de la secuencia sísmica de Sanfandila ($M_{\max}$ 3.5), Querétaro, de Mayo de 1998 o del evento reciente ocurrido en la Sierra Gorda de Querétaro (22/05/2001, $M_{\max}$ 4.1). La UNICIT esta comenzando una labor de monitoreo con instrumentos REFTEK y GBV. Estos últimos aún son una incógnita en cuanto a su capacidad y calidad de registro. Recientemente instalamos 4 GBV en Querétaro, 3 en los alrededores de Huimilpan, a una distancia aproximada de 5 km entre ellos y otro en la UNICIT a 40 km de los anteriores. Los primeros están muy cerca de la falla de Sanfandila. Los instrumentos parecen trabajar bien, sin embargo, aún no se ha detectado ninguna actividad local de interés, o un evento regional que haya sido registrado propiamente en todos los instrumentos. Continuamos trabajando para determinar los parámetros óptimos de registro y los valores adecuados de amplificación para tener una señal clara de la actividad sísmica. Todo esto es un trabajo que podría coordinarse con otras Instituciones nacionales. Algunas de ellas ya han mostrado interés por adquirir equipos similares, como la Universidad de Querétaro y la de Aguascalientes. El éxito del empleo de estos instrumentos descansa en su bajo costo y facilidad de operación, por lo que el sumar esfuerzos con otras Instituciones puede redundar en contar con una cobertura regional adecuada, la cual es actualmente inexistente. Otro beneficio sería la posibilidad de almacenar y compartir datos, como ocurre con algunos consorcios compuestos por Universidades en países más desarrollados.

REDES-12

LA RED SÍSMICA DE BANDA ANCHA DEL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL

Javier Francisco Pacheco
Instituto de Geofísica, UNAM

El Servicio Sismológico Nacional de México inició el reemplazo de su red telemétrica de período corto por una red sísmica de banda ancha a inicios de la década de 1990. La primera estación se instaló en 1993 en la ciudad de México, dentro del campus universitario. Hoy la red cuenta con 20 estaciones instaladas en el sur de México, cubriendo más territorio que la antigua red telemétrica. Este año se instalarán otras 2 estaciones también en el sur de México para un total de 22 estaciones.

Los equipos instalados constan de un digitizador de 24 bits marca Quanterra, el cual registra el movimiento del terreno en tres canales de velocidad y tres de aceleración. El sensor de velocidad es un sensor de banda ancha marca Strekeisen, modelo STS-2, que posee un rango dinámico de 140 db, con respuesta plana a velocidad entre 50 Hz y 120 segundos. El sensor de aceleración es de balance de fuerzas, marca Kinemetrics, modelo FBA-23, con respuesta plana desde DC hasta la frecuencia de muestreo. Estos equipos se instalan en casetas especiales con alto aislamiento y protección contra picos de voltaje y tormentas atmosféricas.

Los nuevos equipos han permitido al SSN no solo brindar la información tradicional de localización del sismo y su magnitud, sino también ha permitido proporcionar una magnitud sin saturación calibrada con la magnitud M_w de momento sísmico. La distribución de las estaciones también ha permitido realizar inversiones en tiempo casi real del tensor de momento sísmico para sismos con magnitudes mayores a 4.5 que se encuentren dentro de la red. Estas soluciones de tensor de momento sísmico proporcionan no solo el tamaño del temblor, a través de su magnitud de momento sísmico, sino también el mecanismo de falla del temblor. Los datos obtenidos por el SSN de los grandes temblores ocurridos en el sur de México se han utilizado con gran éxito en la determinación de la distribución de deslizamiento en el plano de falla.

Recientemente se aprobó un proyecto con la Secretaría de Gobernación para expandir la red de banda ancha con otras 9 estaciones. Con estas nuevas estaciones se espera cubrir los vacíos en el sur y expandir la red hacia el centro y el norte del país, permitiendo una cobertura de todo el territorio afectado por sismos.

Las metas para este nuevo milenio son las de contar con un sistema en tiempo real que permita determinar con precisión, y en pocos minutos después de ocurrido un sismo, su magnitud, localización y distribución de intensidades instrumentales, que permita a las autoridades de Protección Civil, en cualquier parte del país, contar con datos precisos, confiables y a tiempo en caso de un gran sismo.

REDES-13

RESBAN: RED SISMOLÓGICA DE BANDA ANCHA DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Cecilio J. Rebollar, Arturo Pérez-Vertti y Juan A. Mendoza
CICESE

RESBAN es una red sismológica de estaciones de banda ancha permanentes y portátiles que están instaladas en las márgenes del Golfo de California. Las estaciones constan de los siguientes instrumentos: Procesadores de 24 bits Quanterra acoplados a un sismómetro Streckeisen de banda ancha STS2 con un periodo natural de 100 segundos y a un acelerógrafo Kinemetrics FBA23. Este sistema es similar a los que constituyen la Red Sismológica Nacional del Instituto de Geofísica de la UNAM y registran en forma continua a 20 muestras por segundo. Las estaciones que tienen este sistema son las estaciones de Bahía de los Angeles y Guaymas. Las estaciones portátiles constan de un digitalizador Guralp de 24 bits CMG-DM24 acoplado a sismómetros Guralp CMG-40T y CMG3ESP con periodos naturales de 30 y 100 segundos, que registran en forma continua a 20 muestras por segundo en un módulo de adquisición de datos Guralp CMG-SAM2. Las estaciones que tienen este sistema son: El Chinero (31.472N, 115.051W), Puerto Peñasco (31.335N, 113.632W), Puerto Libertad (29.916N, 112.695W), Hermosillo (29.018N, 110.949W) y Topolobampo (25.609N, 109.535W). Los objetivos de esta red son: localizar la actividad sísmica generada en el Golfo de California y en sus márgenes, formas de ruptura, cálculo de estructura y atenuación sísmica. En la presentación se presentarán resultados y ejemplos de sismogramas de la actividad registrada.

REDES-14

NARS-BAJA: RED DE SISMOGRAFOS DE REGISTRO AUTONOMO DE BANDA ANCHA DE BAJA CALIFORNIA, MEXICO

Cecilio J. Rebollar¹, Raul R. Castro¹, Jeannot Trampert²,
Jeroen Ritsema³ y Robert W. Clayton³

¹ CICESE

² Department of Geophysics, Utrecht University, The Netherlands

³ California Institute of Technology, Pasadena, USA

El proyecto NARS-Baja consiste en la instalación de 14 estaciones de banda ancha alrededor del Golfo de California, México por un periodo de cinco años. Este es un proyecto de colaboración entre investigadores de la Universidad de Utrecht, Holanda, el Instituto Tecnológico de California (CALTECH), USA, y el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), México. Los sismógrafos consisten de digitalizadores de 24 bits, diseñados por la Universidad de Utrecht, acoplados a sismómetros Streickesen STS-2. Esta red se complementará con las estaciones de la red sismológica de banda ancha del Golfo de California (RESBAN). El propósito de esta red es localizar y calcular parámetros de fuente de temblores de magnitud moderada, determinar la estructura de la corteza con ondas de cuerpo de telesismos, y determinar la estructura del manto superior en la región del Golfo de California y de sus alrededores con ondas superficiales. En la presentación se darán a conocer los avances de este proyecto, que inició en abril del 2001 con la construcción de casetas en diferentes sitios localizados a lo largo de la península de Baja California.

REDES-15

10 AÑOS DE OPERACIÓN DE LA RED DE OBSERVACIÓN SÍSMICA DEL CENAPRED

Enrique Guevara O.¹, Roberto Quaas W.¹, César Morquecho Z.¹, Germán Espitia S.¹, Jazmín Vázquez, David Almora M.² y Ricardo Vázquez L.²

¹ Centro Nacional de Prevención de Desastres

² Instituto de Ingeniería, UNAM

La Red de Observación Sísmica del Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED, entró en operación en 1990, año en que fue inaugurado en centro. Esta red está compuesta por un total de 16 estaciones autónomas de registro y un puesto central de recepción y procesamiento de la información ubicado en las instalaciones del CENAPRED.

La red está dividida en dos subredes, la red de atenuación y la red de la ciudad de México. La primer subred consta de 5 estaciones acelerográficas distribuidas uniformemente a lo largo de una línea entre Acapulco y México, todas instaladas en la superficie sobre roca firme. El propósito de este sistema es el registro de los temblores en la zona epicentral y el estudio de las características de propagación de las ondas sísmica en su trayectoria hacia la ciudad de México.

La segunda subred del sistema está formada por 11 estaciones instaladas en distintos puntos de la ciudad de México, distribuidas en base a la zonificación sísmica y de acuerdo con el tipo de suelo. Los objetivos de esta subred son el estudio de las características de

las ondas sísmicas en el valle de México y el comportamiento de los distintos suelos bajo excitación sísmica, tanto en superficie, de pozo y algunas estructuras.

En este trabajo se presenta una descripción de la red, la información sísmica registrada durante 10 años de operación interrumpida, así como los proyectos de modernización y actualización de la red.

REDES-16

SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE ACELEROGRAMAS MEXICANOS

Alcántara Leonardo¹⁻⁸, Quaas Roberto¹⁻², Pérez Citlali¹, Javier Clara³, Alonso José², Mena Enrique³, Espinosa J. Manuel⁴, López Bertha², Cuellar Armando⁴, Camarillo Lucio⁴, González Francisco³, Guevara Enrique²⁻⁷, Ramírez Mario⁶, Vidal Antonio⁵, Ayala Mauricio¹, Ramos Sandra⁴, Macías Marco¹ y Ruiz A Laura¹

¹ Instituto de Ingeniería, UNAM, México

E-mail: leonardo@pumas.iingen.unam.mx

² CENAPRED, Secretaría de Gobernación, México

³ Comisión Federal de Electricidad, México

⁴ CIRES, Fundación Javier Barros Sierra, México

⁵ CICESE, Ensenada, B.C., México

⁶ Red Interuniversitaria de Instrumentación Sísmica, UAM, México

⁷ Instituto de Geofísica, UNAM, México

⁸ Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, A.C.

Después del terremoto del 28 de julio de 1957 (M=7.5), conocido como el temblor de San Marcos, se reconoció la necesidad de contar con instrumentos para el registro de movimientos sísmicos de gran amplitud y por consiguiente se instalan, en 1960, dos acelerógrafos en la ciudad de México. No obstante, la instrumentación para el registro de sismos intensos no tuvo el crecimiento requerido dado el potencial sísmico del país. Por lo que, durante la ocurrencia del terremoto del 19 de septiembre de 1985 se obtuvieron únicamente 41 registros: 28 en los estados de Guerrero y Michoacán, 1 en Puebla y 10 en el valle de México. Posterior a estos eventos y considerando las fatales consecuencias, tanto en los seres humanos como en las estructuras, se inicia un importante crecimiento de la red acelerográfica con la finalidad de tener un mejor monitoreo en regiones que pueden dar origen a sismos o en aquellas que pueden verse seriamente afectadas. Lo anterior, más los avances en las tecnologías de registro y la experiencia acumulada por los grupos e instituciones que operan redes sísmicas, han contribuido a incrementar de manera importante el número de registros. Sin embargo, también surgió la problemática de no contar con un medio eficiente de distribución de los datos, por una parte debido a que cada institución realiza el proceso de su información en forma independiente, y por otra al mejoramiento de las técnicas de registro que propiciaron la existencia de diversos formatos.

Considerando la situación expuesta, el Grupo de la Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes se propuso hacer un inventario de la información que sobre registro acelerográfico se ha generado en México, así como divulgar y distribuir esta por diferentes medios. Hoy en día, se han editado 3 catálogos impresos y dos discos compactos, el último de estos denominado Acelerogramas 2000 es el motivo del presente trabajo. En este se

hace un compendio de la infraestructura sísmica existente en el país con relación a estaciones, instrumentos y sismos registrados. Por otra parte, contiene las series de tiempo de 13,545 acelerogramas con registro en tres componentes, los cuales se presentan en un formato común denominado Archivo Estándar de Aceleración en su versión 2.0 (ASA2.0). Adicionalmente, cuenta con un sistema de acceso a los datos mediante el cual el usuario, puede establecer diferentes criterios de búsqueda y obtención de información de acuerdo a sus necesidades.

REDES-17

LA RED DE ACELEROGRAFOS DE LA CIUDAD DE PUEBLA

G.J. González Pomposo¹, L. Alcántara Nolasco², J. Jiménez Barroso¹, A.E. Posada Sánchez¹ y M. Bravo Martínez¹

¹ Facultad de Ingeniería, BUAP

² Instituto de Ingeniería, UNAM

La localización geográfica de Puebla, aunada a la planeación y ejecución de obras, ha permitido dar a la entidad una infraestructura de progreso, generando un incremento en las construcciones y una disminución de su espacio físico, por lo que es indispensable contar con herramientas de medición y procesamiento de información sísmica. Durante 1972 en el edificio central de las oficinas de la Comisión Federal de Electricidad de la ciudad de Puebla se estableció por parte del Instituto de Ingeniería, UNAM la estación SXPU que formaba parte de la red de telemetría SISMEEX. Al ocurrir los temblores de septiembre de 1985, en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Puebla se inicia el proyecto de crear la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla (RACP). El 5 de noviembre de 1987 se instalan los tres primeros equipos acelerográficos que conformarían la red. Estas estaciones se situaron en Ciudad Universitaria (UAPP), Paseo Nicolás Bravo (PBPP) y en la Central de Abastos (CAPP). En 1993 la entonces Facultad de Ingeniería Civil y Tecnológica, BUAP y el Instituto de Ingeniería, UNAM inician un convenio de colaboración para la operación conjunta de la RACP, por lo que la estación SXPU se integra a la red y el mantenimiento, operación y recolección de datos se realiza de forma conjunta. Para 1995 se instalan por parte del Instituto de Ingeniería dos estaciones más: SRPU en el municipio de San Ramón Castillota y PZPU en el cerro de la Paz. Las estaciones de Parque Habana (PHPU) y Barranca Honda (BHPP) entran en operación en 1996. En el año de 1999 se lleva a cabo la instalación de dos nuevas estaciones ubicada en el antiguo lecho del Río de San Francisco (RFPP) y en el Hospital San Alejandro del IMSS (SAPP). Con estas 10 estaciones la Ciudad de Puebla se ubica como la mejor instrumentada de provincia del país, desde el punto de vista de la Ingeniería Sísmica. Actualmente se encuentra en proyecto la instalación de la 11 estación, que se ubicará al pie del cerro de la Calera con el propósito de monitorear el comportamiento del basamento que subyace a la ciudad. Las estaciones se encuentran distribuidas en puntos estratégicos de la ciudad de tal forma que pueda llevarse a cabo una evaluación sobre el comportamiento sísmico de los suelos presentes en ella. La instrumentación de la red se basa en acelerógrafos digitales de alta resolución aunque de distinta marca y tipo (DCA-333, IDS-3602^a, Etna, GSR-12 y GSR-16), todos operan de manera similar, cabe destacar que las estaciones BHPP y PHPU están configuradas para ser interrogadas por medio de línea telefónica

La finalidad de la RACP es obtener información relacionada con los eventos que se registran para evaluar los efectos directos e indirectos que se producen en el comportamiento de los suelos, debido a la acción sísmica. Además de dar una mayor seguridad en las construcciones dentro de la mancha urbana y comunidades aledañas a la ciudad de Puebla. Dentro de los objetivos más relevantes están:

1. Análisis y procesamiento de la información para la obtención de los Espectros de Fourier.
2. Comparación del comportamiento sísmico de los distintos suelos de la Ciudad de Puebla
3. Obtención de los espectros de respuesta correspondientes a los sitios de observación.
4. Identificación de los sitios de mayores amplificaciones sísmicas.
5. Propuesta de Espectros de Diseño para la Ciudad de Puebla.

El logro más importante es la aportación de la información empleada para la Propuesta de Normas Técnicas para el diseño por sismo en el Reglamento de construcciones del Municipio de Puebla, que fue aprobado en noviembre de 1999, por el H. Ayuntamiento de la Ciudad.

REDES-18

EL SISTEMA DE ALERTA SÍSMICA MEXICANO A 10 AÑOS DE HABER INICIADO SU SERVICIO

Cuéllar Martínez Armando, Ramos Pérez Sandra, Espinosa Aranda J. Manuel

Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A.C.

El Sistema Mexicano de Alerta Sísmica (SAS) en 10 años de operación continua, ha generado 52 disparos de alerta y presentado únicamente dos fallas desde hace 8 años: un aviso falso y una omisión de aviso de alerta. El sistema ha obtenido más de 1,428 registros correspondientes a efectos de más de 892 sismos observados. El SAS, desarrollado en el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A.C. (CIRES) de la Fundación Javier Barros Sierra, (FJBS) genera avisos de alerta sísmica automáticos a los habitantes de la ciudad de México con una oportunidad de más de 60 segundos ante el inminente arribo de un sismo fuerte proveniente de las costas de Guerrero. Para mantener la confiabilidad del sistema, el CIRES ha desarrollado tecnología de vanguardia para llevar a cabo la actualización constante, uno de sus desarrollos es la tarjeta de adquisición y control de datos RADES que actualmente se encuentra en todas las estaciones sensoras ubicadas a lo largo de las costas de Guerrero. Asimismo, el CIRES explora nuevas formas para lograr una respuesta más rápida en la detección que permita optimizar el tiempo necesario para pronosticar la magnitud de un sismo en desarrollo, este pronóstico permitirá dar aviso a regiones habitadas que se encuentren cerca del foco sísmico.

REDES-19

THE PCC'S BUILDING STRONG MOTION VIRTUAL INSTRUMENTATION ARRAY. REMOTE ACCESS AND MONITORING SYSTEM FOR IN-SITU DATA PROCESSING AND DATA BASE TRANSMISSION TO AUTHORIZED USERS

Alfonso Reyes, Julia Sanchez and Diana Fong
 Depto. de Sismología, CICESE

Since 1993 an array of twelve state of art strong motion tri-axial accelerometers have been in operation to monitor the earthquake structural response of the PCC's building, which is located in the soft soils of Mexico City. It is a critical facility housing the control panel and power generators for the city subway system (METRO). Nine accelerographs are installed in the building and three in a vertical sub-soil array. The twelve accelerometers are interconnected for the simultaneous recording of the sub-soil and building response to the earthquake ground motion. The building instrumentation is designed to record the its deformations associated with: the lateral and torsional framing stiffness of the building, the rocking of the foundation, and the shear deformations of the interstory slab. The instrumentation provides optimum data to make accurate measurements of the rigid base structural dynamic properties of the building. The array has generated a unique data base consisting of 17 sets of records of earthquakes located along the Middle America Trench with magnitudes in the range $4.6 < M_w < 7.6$. The maximum peak ground accelerations recorded at 20 m depth (upper clay formation) ranges from 2 cm/sec² to 26.2 cm/sec² and in the top floor of the building from 4.1 cm/sec² to 45.6 cm/sec². The data base also includes the records of the $M_w = 7.5$ "Copala - Guerrero" earthquake of September 14, 1995. Thus important data are available to improve the numerical modeling of buildings founded on soft soils where the effects of the local soil conditions on the amplification of the seismic waves and the soil - pile- structure interaction effects are accounted for.

The remote access system provides a powerful tool for the analysis of the building performance based on the in-line processed data under a collaborative environment session with the participation of the local structural engineer visiting the building, the remote earthquake engineer and building's authorities. The system provides the tools for in-situ data processing, data base transmission to authorized users and early visual information on the structural response of the building. The system was developed under a virtual instrument environment created by using PC operated state of the art interconnected accelerographs, a local PC, a remote PC, a modem and commercially available communications software and signal processing programming tools based on MATLAB. Within the first hour of occurrence of an earthquake. The system allows the remote user to: Transfer the recorded data files from the instrument solid state memory to the local PC. Process locally the data to create a fax-file report with the time series and spectral magnitude plots and transmit it to a remote fax machine or to a remote PC for visual analysis. Compress and transmit the data files to the remote PC. From the remote PC the system allows the network's operator to maintain a on-schedule routine for monitoring and instrument control; thus improving the network performance in terms of first quality records. The remote - local PC telephone communication time is limited to the activation of command batch files to run programs in the local PC; for data transmission; data analysis; and data visualization. In most cases the time does not exceeds more

than ten minutes. The use of the remote access system has minimized the number of visits per-year of a qualified technician to the PCC's array for a routinely instrument supervision and the over all cost to operate the array.

REDES-20 CARTEL

PERSPECTIVAS DE LA RED SISMICA DEL ESTADO DE CHIAPAS

Ramos Hernandez, Silvia
 Coordinación de Monitoreo Volcanológico-Sismológico, Subsria.
 de Protección Civil

La región chiapaneca, al sureste de México, por su conformación geológica, es afectada por la actividad de desplazamiento de tres Placas tectónicas: la de Cocos, la del Caribe y la Americana.

Esta situación coloca a Chiapas dentro de los tres Estados de mayor actividad sísmica, y potencial para sufrir daños por sismos, al igual que los Estados de Oaxaca y Guerrero.

Durante el siglo pasado, al menos quince sismos sucedieron con magnitudes mayores de 6. Uno de ellos, el de 1902, con magnitud de 7.3 se caracterizó por provocar enormes daños en ciudades del Centro del Estado, siendo el poblado de Bartolomé de los Llanos, hoy cabecera municipal de Venustiano Carranza uno de los mas dañados.

Lo anterior hace que sea impostergable el establecimiento de una Red Sismológica y Acelerográfica que permita el seguimiento, observación, estudio e investigación, tanto de los sismos tectónicos como de los volcánicos del Tacaná y Chichón, así como el potencial que pueden provocar sobre las poblaciones tanto urbanas como rurales en las regiones del Estado.

En este trabajo se describen los logros en las acciones gubernamentales de cooperación con el Servicio Sismológico Nacional y con el CENAPRED, para el establecimiento de las Estaciones de Banda Ancha y las perspectivas de trabajos coordinados en el corto, mediano y largo plazo, en materia del monitoreo sísmico.

Finalmente se da cuenta del impulso y actividades para el fomento a la Cultura de la Prevención de Riesgo Sísmico en la Entidad.

REDES-21 CARTEL

RED ACELEROGRÁFICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO CON TECNOLOGÍA RAD-851

Camarillo Barranco Lucio, Espinosa Aranda J. Manuel y
 Armando Cuéllar Martínez
 Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A.C.

La Red Acelerográfica de la Ciudad de México (RACM), a cargo del Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A.C. (CIRES) de la fundación Javier Barros Sierra (FJBS), desde 1987 al 2001 ha obtenido un total de 2,853 registros captados durante la ocurrencia de 103 sismos que afectaron a la ciudad de México. Este acervo acumula más de 100 horas de información acelerométrica obtenidos con la RACM la cual cuenta con más de 74 acelerógrafos digitales distribuidos en todas las zonas de suelo característico que

comprende el valle de México. De acuerdo con uno de los objetivos principales, el CIRES divulga esta información de los investigadores y especialistas en ingeniería sísmica de México y del extranjero a través de publicaciones en la Base Nacional de Datos de Sismos Fuertes que cuenta con un catálogo de más de 20,000 registros. El CIRES ha desarrollado tecnología de vanguardia como la tarjeta de adquisición de datos RAD-851, la cual opera desde 1997 en 50 acelerógrafos de la RACM para asegurar y mejorar su servicio continuo.

REDES-22 CARTEL

RED SISMICA DEL NOROESTE DE MEXICO (RESNOM)

Grupo de trabajo RESNOM

Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

RESNOM es una red mantenida en funcionamiento por personal del Departamento de Sismología del CICESE. Esta red se diseñó para registrar la actividad sísmica del noroeste de México, entre 30° y 33° de latitud y -114° y -117° de longitud, aproximadamente. Aún cuando su diseño e instalación se iniciaron en 1977, el registro efectivo de temblores comenzó en 1980. Actualmente la red consiste en 12 estaciones de periodo corto (1 s), 3 de banda ancha (0.01 a 50 Hz) y 1 de periodo largo (15 s). Las estaciones de periodo corto están equipadas con instrumentación electrónica de 12 bits de resolución, diseñada y construida en el CICESE. Estos sistemas reciben las señales de sismómetros Teledyne Geotech o Mark L4C y las digitalizan a 40 mps en cada componente. Las señales digitales se serializan y codifican (FSK) para su transmisión por radio (VHF y UHF) al centro de procesamiento en el CICESE. Respecto a las estaciones de banda ancha, éstas se instalaron en el presente año para iniciar la modernización de RESNOM. Cada estación funciona con una grabadora digital REFTEK (DAS 72A), sensores tri-axiales Geotech (KS 2000) y un sistema GPS que suministra tiempo (UTC) a los registros. Las grabadoras almacenan las señales con una resolución 24 bits, a razón de 100 mps en cada canal. La transmisión de la información digital al CICESE se efectúa usando radio enlaces e Internet. Finalmente, la estación de periodo largo, ubicada en el CICESE, consiste en tres sismómetros Teledyne Geotech conectados a un sistema propio de registro digital. Este sistema digitaliza las señales a razón de 1 mps por canal utilizando un convertidor A/D de 12 bits. La información resultante se serializa y convierte a formato RS-232 para suministrarla a una computadora PC, en donde se decodifica, visualiza y se le incluye marcas de tiempo.

REDES-23 CARTEL

REGISTRO SISMICO EN BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

M. González, L. Munguía, S. Mayer, M. Navarro, A. Aguirre,
T. Valdez y H. Torres

Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Una red sísmica compuesta por 10 estaciones digitales (24 bits de resolución) y 5 analógicas ha sido mantenida en funcionamiento desde octubre de 1998 a la fecha en el estado de Baja California Sur, México, por personal del Departamento de Sismología del CICESE. El objetivo de la red es registrar información que permita definir patrones espaciales de sismicidad en las regiones de La Paz-Los Cabos y el Puerto de San Carlos. La red ha funcionado en

diversas áreas y a distintos periodos de tiempo. Para la región de La Paz-Los Cabos, un análisis de la información registrada a la fecha indica que la mayoría de los sismos se ubican al este de las Islas Espíritu Santo y La Partida. Parte de esta actividad se ha presentado en forma de enjambres sísmicos. En la vecindad de la ciudad de La Paz, se observó un lineamiento de eventos con dirección NW-SE que atraviesa la ciudad sin que éste se correlacione con alguna falla conocida. Por otro lado, en la región de San Carlos la actividad detectada fue mínima en comparación a lo que se ha registrado en la región de La Paz-Los Cabos. Durante 8 meses de operación, la red registró solamente 21 eventos con magnitudes menores o iguales a 2.0. Los epicentros de estos eventos no muestran una tendencia definida que sugiera alguna estructura como responsable de ellos. Los sismos de esta región, aún y cuando son de baja magnitud, generan alarma en la población debido a la proximidad de sus epicentros y a las características geológicas de la región (suelos blandos).

Reunión Anual 2001

Sesión

Sismología

Lunes 5 — Martes 6

SALA B

SIS-01

BIOT THEORY, BISQ MODEL AND VOLUME-AVERAGING BASED THEORY OF POROELASTICITY

Pratap N. Sahay
 Depto. de Sismología, CICESE
 Ensenada, B.C., 22860, México

The Biot theory (Biot, JASA 1956) is known to under estimate experimentally measured values of velocity and attenuation. Attempts have been made to account for the deviation on the basis of postulating "squirting" oscillation of fluid within pores (BISQ model; Dvorkin and Nur, Geophys. 1993). This approach introduces an adjustable parameter in the macroscopic fluid pressure equation of the Biot theory without altering its macroscopic solid pressure equation. In this presentation we show that any modification of an elastic parameter in Biot's fluid pressure equation in turn implies a corresponding change in Biot's solid pressure equation also. The analysis is based upon linking the porosity perturbation that occurs during the deformation to the macroscopic fluid and solid pressures. We find that once the correction for squirt flow is properly incorporated in the Biot theory, the resulting framework is in fact the volume-averaging based theory of poroelasticity (de la Cruz and Spanos, Geophys. 1985; Sahay et al., GJI 2001)

SIS-02

1D PROBLEM FOR A STACK OF POROUS LAYERS

Adriana Arroyo and Pratap Sahay
 Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Current inversión algorithms to determine physical properties of reservoir rocks are based on assuming the medium to be a stack of homogeneous acoustic layers. Given the availability of three component data a more appropriate model could be a stack of homogeneous poroelastic layers i.e. to consider the media indeed a solid matrix filled with fluid. I will present the solution obtained for the normal incidence case of a stack of homogeneous porous layers.

SIS-03

TORSIONAL RESONANCE IN FLUID-SATURATED POROUS CIRCULAR CYLINDERS

Selene Solorza and Pratap Sahay
 Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

When a fluid-saturated porous circular cylinder is set into torsional resonance, as it is done in a resonance-bar experiment, we also observe a decrement of the amplitude of the vibration, which implies existence of attenuation. The theory of poroelasticity suggests that the likely mechanism of this attenuation is the flow of pore-filling fluid with respect to the solid frame. In this presentation we shall report the current status of the work on linking torsional resonance frequency and amplitude decrement (attenuation) to shear modulus of the solid frame and fluid mobility (i.e., the ratio of the shear viscosity of fluid to permeability).

SIS-04

COMPORTAMIENTO EFECTIVO DE COMPUESTOS PERIODICOS BIDIMENSIONALES

F.J. Sabina¹, J. Bravo Castellero², R. Guinovart Diaz², R. Rodriguez Ramos² y O. Valdiviezo Mijangos³

¹ IIMAS, UNAM

Apdo. Postal #20-726, Mexico, D.F., 01000, México

² Facultad de Matematica y Computacion, Universidad de la Habana

San Lazaro y L. Vedado, Habana 4, 10400, Cuba

³ Posgrado de Ciencias de la Tierra, UNAM

C.U., Mexico, D.F., 04510, México

Se estudian las propiedades efectivas de un compuesto reforzado de fibras, binario y elastico de celda periodica cuadrada. Se obtienen formulas exactas para las rigideces efectivas, dando lugar a expresiones cerradas para compuestos con componentes isotropas. Se incluye el caso de fibras rigidas y vacias (medio poroso). Las formulas nuevas son sencillas y se pueden evaluar facilmente. Se calculan algunos ejemplos tipicos que muestran el efecto de reforzamiento de las fibras como funcion de la fraccion volumetrica hasta el limite de percolacion. Estos resultados tienen interes para las propiedades fisicas de las rocas.

SIS-05

COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES EFECTIVAS DE ROCAS HETEROGÉNEAS CUYA MICROESTRUCTURA ES DIFERENTE

Oscar Valdiviezo Mijangos¹ y Federico J. Sabina²

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

Ciudad Universitaria, México, D.F., 04510, México

² Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM

Apdo. Postal #20-726, Admon. No. 20, Deleg. A. Obregón, México, D.F., 01000, México

En general, para caracterizar las propiedades elásticas de las rocas éstas son consideradas como isotrópicas, debido a que se supone que los ejes cristalográficos se encuentran distribuidos aleatoriamente. En el presente trabajo se presenta una comparación de las constantes efectivas entre diferentes medios compuestos que contienen fibras cilíndricas de sección transversal circular arregladas periódicamente. Uno de los medios tiene una celda base de forma cuadrada y el otro de forma hexagonal. El Método de Homogeneización Asintótica es usado para hallar las propiedades efectivas del medio compuesto. Básicamente este método permite hallar las propiedades efectivas de medios heterogéneos con más de una fase a partir de su microestructura.

Se consideraron dos matrices isotrópicas: una epóxica y otra polímera. Las fibras son minerales cuya anisotropía es cúbica. Al cambiar la geometría, es decir, la forma de cómo están arregladas las fibras en el espacio que puede ser con una celda base cuadrada o hexagonal, se observan algunos hechos relevantes. En algunos casos las propiedades efectivas se modificaron considerablemente al cambiar la celda base (Oro-Polímero). En otros casos, por ejemplo, Aluminio-Epoxy prácticamente el medio compuesto permanece isotrópico a pesar que la fibra es anisótropa y que las fibras se

encuentran arregladas en forma diferentes. En otros casos el cambio de la geometría prácticamente no afecta a la anisotropía del medio compuesto (Tungsteno). La roca puede ser el doble de rígida con solamente cambiar de arreglo hexagonal a cuadrado (Plata).

SIS-06

SIMULATION OF AVO ATTRIBUTES IN THE CASE OF A THIN ELASTIC LAYER, ISOTROPIC AND ANISOTROPIC (VTI, HTI)

V.I. Sabinin¹, T.I. Chichinina¹ and I.R. Obolentseva²

¹ Proyecto D. 1341 YNF, Instituto Mexicano del Petróleo
Eje Central Lazaro Cardenas No. 152, Mexico, D.F., 07730,
México

² Institute of Geophysics, Siberian Branch of RAS, Koptyug pr.
3, 630090, Novosibirsk, Russia

In search for hydrocarbons in fractured rocks, of vital importance are reflections from thin layers. Seismic attributes depend on a thickness of the layer relative to a wavelength and its elastic moduli compared to those of a medium up and down the layer. The effect of contrasts at the layer's top and bottom on reflection coefficients is primarily a function of elastic symmetry type and then of elastic moduli values; therefore, we investigate reflection coefficients for main symmetry types encountered in seismic practice: isotropy and transverse isotropy with a vertical axis (VTI) and with a horizontal axis of varying direction (HTI). The latter case is of immediate interest for detection of fractures in the layer under investigation. In this connection, the centre of attention are thin layers with decreased velocities.

Simulation of reflection coefficients and seismograms has been made using a code Dinam [1]. In all computations, a thin layer (TL) of 0.07 km thick is situated at a depth of approximately 2 km inside a layered medium, and reflection coefficients and seismograms are computed for offsets up to 4.5 km.

Isotropic models. Model 1 simulates fractures, in Model 2 fractures are filled with gas.

Model 0: $V_p=5.28$, $V_s=2.64$ km/s, $\rho=2.70$ g/cm³ (TL with normal parameters).

Model 1: $V_p=4.80$, $V_s=2.40$ km/s, $\rho=2.58$ g/cm³ (TL with decreased V_p, V_s, ρ).

Model 2: $V_p=4.32$, $V_s=2.40$ km/s, $\rho=2.53$ g/cm³ (TL with decreased V_p, ρ).

VTI models. The velocities V_p, V_s at the symmetry axis are the same as those in the isotropic models; anisotropy coefficients K_p, K_{sv} are noted as ratios of maximum velocities to minimum ones and are the same in models 0, 1, 2.

Model 0: $V_p=5.28$, $V_s=2.64$ km/s, $K_p=1.04$, $K_{sv}=1.05$, $\rho=2.70$ g/cm³ (TL with normal parameters).

Model 1: $V_p=4.80$, $V_s=2.40$ km/s, $K_p=1.04$, $K_{sv}=1.05$, $\rho=2.58$ g/cm³ (TL with decreased V_p, V_s, ρ).

Model 2: $V_p=4.32$, $V_s=2.40$ km/s, $K_p=1.04$, $K_{sv}=1.05$, $\rho=2.53$ g/cm³ (TL with decreased V_p, ρ).

HTI models. The elastic parameters V_p, V_s, K_p, K_{sv} and density ρ are the same as in the above VTI models 0, 1, 2. A symmetry axis coinciding with a normal to the plane containing oriented fractures varies its position in the horizontal plane: $\alpha=0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ from the profile.

Computations have shown that the reflections from the top and the bottom of the TL do not interfere at all, i.e., are fully separated, at frequencies 100 Hz and higher, and then we can determine the type of model and its parameters immediately. Also, HTI models are recognizable due to distinct dependence trace patterns on azimuth. In all other cases, the solution of inverse problems using AVO will not be so easy and requires more data (the use of attenuation attributes, data on converted PS waves, etc.).

References:

Obolentseva, I.R., and Grechka, V. Yu. Ray method in anisotropic media (algorithms, programs), 1989, Novosibirsk.

SIS-07

APLICACIÓN DE LA TRANSFORMADA KARHUNEN-LOEVE Y MULTIRESOLUCIÓN EN EL DOMINIO TIEMPO-FRECUENCIA

M. Manuel Lozada Zumaeta¹, Gerardo Ronquillo Jarillo¹ y
Oscar Campos Enríquez²

¹ YNF, Instituto Mexicano del Petróleo
México, D.F., 07730, México

² Instituto de Geofísica, UNAM
México, D.F., 04510, México

El objetivo más importante del análisis de componentes principales es el de reducir la dimensionalidad del problema que se está estudiando. En esta etapa previa a futuros análisis se eliminan, cuando sea posible, algunas de las variables originales si ellas aportan poca información. Se realiza el análisis de los componentes que sintetizan la mayor variabilidad de un sistema de puntos. La inspección de estos componentes, que resumen la mayor proporción posible de la variabilidad total entre el conjunto de puntos, representa una herramienta para clasificar o detectar relaciones entre los puntos.

La idea del análisis de multiresolución es la de sintetizar cierta función del tiempo o del espacio como un límite de sucesivas aproximaciones de diferentes resoluciones alisadas. La diferencia entre dos aproximaciones sucesivas es el detalle correspondiente a una resolución dada, el que puede ser determinado por la transformada ondicular de la función en análisis. Una representación ondicular en términos generales, se basa en una señal transitoria u ondícula (función base), cuyo contenido de frecuencias decae rápidamente a las muy bajas frecuencias, y la utilización de las versiones dilatadas y comprimidas de esta ondícula para efectuar el análisis. La teoría del análisis de multiresolución y el descubrimiento de las ondículas ortogonales de soporte compacto (Daubechies, 1988) ha hecho posible implantar la transformada ondicular como un algoritmo eficiente, cuya implantación discreta puede ser interpretado como un despliegue sucesivo de aproximaciones.

En este marco general, presentamos los resultados de la experimentación numérica (datos geofísicos de pozo y sísmicos de reflexión) de la aplicación en pasos sucesivos del análisis de

componentes principales y del análisis de multiresolución. Las componentes principales de máxima variabilidad se introducen como datos de entrada del análisis de multiresolución en el dominio de la transformada ondicular. La evaluación de resultados nos permiten concluir que el método es aprovechable en la discriminación de propiedades de la señal en áreas de diferentes contenidos de terrígenos y que la distribución de la variancia de los coeficientes asociados con la transformada discreta rápida ondicular en función de las diferentes escalas disminuye en datos sísmicos de baja frecuencia.

SIS-08

TRANSFORMADA DE HILBERT MEDIANTE TRANSFORMADA ONDICULAR

David E Rivera Recillas^{1,2}, Oscar Campos Enríquez¹, M. Manuel Lozada Zumaeta² y Gerardo Ronquillo Jarillo²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² Instituto Mexicano del Petróleo, YNF

A partir de la transformada de Hilbert se pueden calcular los atributos sísmicos instantáneos convencionales: amplitud, fase y frecuencia. El cálculo de ésta transformada se realiza normalmente mediante las técnicas de Fourier. En este trabajo se muestra que la transformada ondicular discreta ofrece una forma efectiva para calcular la transformada de Hilbert.

La transformada de Hilbert es un operador lineal homogéneo que se puede diagonalizar en el dominio de la transformada ondicular. En general, dado un operador lineal homogéneo y una base ondicular biortogonal se puede construir una nueva base ondicular biortogonal. En ésta última base el operador está diagonalizado.

Una ventaja de la transformada ondicular discreta es que preserva la localización de las componentes de una señal y permite distinguir entre el ruido y la señal en un rango de frecuencia dada. Se presentan aquí ejemplos de algunas señales y sus transformadas de Hilbert.

SIS-09

LA TRANSFORMADA ONDICULAR COMO UNA HERRAMIENTA DE ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO

M. Manuel Lozada Zumaeta¹, Gerardo Ronquillo Jarillo¹ y Oscar Campos Enríquez²

¹ YNF, Instituto Mexicano del Petróleo

México, D.F., 07730, México

² Instituto de Geofísica, UNAM

México, D.F., 04510, México

Mediante la presentación de resultados de aplicaciones al procesamiento, análisis e interpretación de datos sísmicos de reflexión, se ilustrará la importancia de la transformada ondicular uni y bidimensional, como herramienta complementaria en el análisis y procesamiento de series de tiempo.

La transformada ondicular permite obtener información a una frecuencia específica, de las variaciones de amplitudes en función del tiempo. La transformada ondicular es una herramienta de análisis tiempo-frecuencia (espacio-escala), que permite una

representación intermedia, en la cual está disponible, tanto la información espectral como la espacial. En términos generales esta herramienta matemática supera las limitaciones inherentes del análisis basado en la transformada de Fourier, y en la Transformada de Fourier ventaneada. La principal limitación como sabemos es que el análisis espectral clásico no permite discriminar variaciones abruptas o cualquier oscilación local de la señal ya que en el dominio de la frecuencia la información de ésta se distribuye de acuerdo sólo a su frecuencia sin considerar su posición temporal, esto es, la información se distribuye en el rango de frecuencias completo del espectro.

SIS-10

IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE ARRIBOS P Y S EN SISMOGRAMAS DIGITALES, POR MEDIO DE LA TRANSFORMADA ONDICULAR

Oscar M. Romero de la Cruz¹ y José G. Acosta Chang²

¹ Instituto de Geología, UNAM

² Depto. de Sismología, CICESE

Se desarrolló un método para la identificación automática del tiempo de arribo de las fases P y S en sismogramas digitales, el cual se basa en la formación del plano tiempo-escala con Transformada Ondicular (TO), en la aplicación de truncamientos de altura progresiva para eliminar la información poco representativa (ruido) en ese plano, y en aislar los coeficientes ondiculares de alto valor que representan la información asociada a las fases P y S. Se forma una tabla de frecuencia de ocurrencia con los tiempos de los coeficientes más tempranos que sobreviven a los truncamientos; se selecciona como tiempo de arribo al promedio de aquel grupo de tiempos con mayor frecuencia de ocurrencia, lo cual implica una mayor resistencia al corte. Se aprovecharon dos propiedades importantes de la TO: 1) la visualización simultánea de la energía de una señal a lo largo de dos parámetros (tiempo y escala) que representan al tiempo y a la frecuencia, y 2) el fácil discernimiento de la información poco representativa en la formación de la señal. Para aplicar la TO se utilizó cuatro diferentes ondículas para cubrir las posibles formas de onda que adaptaría el primer arribo de cada fase sísmica. Se probaron diferentes combinaciones de valores de truncamientos y escalas en el dominio ondicular para reducir el rango de búsqueda del tiempo de arribo. Se probaron cuatro criterios de selección del tiempo de arribo definitivo entre esas cuatro ondículas; se eligió el criterio de tiempo menor para la onda P y el de promedio de los cuatro tiempos para la onda S. El método fue aplicado en 140 sismos de magnitud pequeña ($0 < M < 2.5$), distancias epicentrales menores a 70 km y profundidades focales menores a 25 km, registrados en el valle de Ojos Negros, Baja California. Los resultados tienen errores menores a una décima de segundo en más del 97% de los sismogramas, para la onda P; y en más del 87% para la onda S; lo que representa una mejora respecto a los métodos automáticos publicados hasta ahora. Los errores fueron calculados respecto a los tiempos de arribo leídos en pantalla, con cursores de resolución igual al intervalo de muestreo (0.005 s), en cinco ocasiones diferentes, por cuatro lecturistas. Los errores tienen un rango similar a la dispersión de los cinco conjuntos de tiempos leídos. El procedimiento se aplica en una computadora personal y requiere como única intervención del usuario el proporcionar los nombres de los sismogramas. En una PC de 500 Mhz el procedimiento tarda menos de 10 segundos en determinar los tiempos de arribo de P y S para cada sismograma.

Palabras claves: Transformada ondicular, arribos P y S, lectura automática de sismogramas.

SIS-11

COSEISMIC AND POSTSEISMIC STRESS CHANGES IN THE SUBDUCTING COCOS PLATE: POSSIBLE STRESS INTERACTIONS BETWEEN LARGE INTERPLATE THRUST AND INTRAPLATE NORMAL-FAULTING EARTHQUAKES

Takeshi Mikumo¹, Yuji Yagi², Shri Krishna Singh¹ and Miguel A. Santoyo¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² ERI, University of Tokyo, Japan

A large intraplate, normal-faulting earthquake ($M_w=7.5$) occurred in 1999 in the subducting Cocos plate below the down-dip edge of the ruptured thrust fault of the 1978 Oaxaca, Mexico earthquake ($M_w=7.8$). This situation is similar to the previous case of the 1997 normal-faulting event ($M_w=7.1$) that occurred beneath the rupture area of the 1985 Michoacan, Mexico earthquake ($M_w=8.1$). We investigate if there is any possible stress interactions between the preceding 1978 thrust and the following 1999 normal-faulting earthquakes. For this purpose, we estimate the temporal change of the stress state in the subducting Cocos plate, by calculating the slip distribution during the 1978 earthquake through teleseismic waveform inversion, the dynamic rupture process and the resultant coseismic stress change, together with the postseismic stress variations due to plate convergence and viscoelastic relaxation process. To do this, we calculate the coseismic and postseismic changes of all stress components in a 3D space incorporating the subducting slab, the overlying crust and uppermost mantle and the asthenosphere. For the coseismic stress change, we solve elastodynamic equations, incorporating the kinematic fault slip as observational constraints under appropriate boundary conditions. To estimate postseismic stress accumulations due to plate convergence, a virtual backward slip is imposed to lock the main thrust zone. The effects of viscoelastic stress relaxations of the coseismic change and the back-slip are also included.

The maximum coseismic increase in the shear stress and the Coulomb failure stress below the down-dip edge of the 1978 thrust fault is estimated to be in the range between 0.5 and 1.5 MPa, and the 1999 normal-faulting earthquake was found to take place in this zone of stress increase. The postseismic variations during 21 years after the 1978 event modify the magnitude and patterns of the coseismic stress change to some extent, but are not large enough to overcome the coseismic change. These results suggest that the coseismic stress increase due to the 1978 thrust earthquake may have enhanced the chance of occurrence of the 1999 normal-faulting event in the subducting plate. If this is the case, one of the possible mechanisms could be static fatigue of rock materials around pre-existing weak planes involved in the subducting plate, and it is speculated that that one of these planes might have been reactivated and fractured due to stress corrosion cracking under the applied stress there for 21 years.

SIS-12

DOES STRESS DROP OF INTRAPLATE EARTHQUAKES OF MEXICO INCREASE WITH SEISMIC MOMENT?

S.K. Singh¹, D. García², J.F. Pacheco¹, M. Ordaz³ and M. Herráiz²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM, México

² Depto. de Geofísica y Meteorología, UCM, España

³ Instituto de Ingeniería, UNAM, México

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

Recently, Garcia et al. (2001) have reported that dependence of A_{max} on M_w and R for Mexican intraplate earthquakes is given by

$$\log A_{max} = -0.357 + 0.645 M_w - \log R - 0.0030 R \quad (1)$$

where, A_{max} is in g and R is the hypocentral distance in km. The data set consists of 11 earthquakes, $5.8 \leq M_w \leq 7.4$, $35 \leq H \leq 75$ km, recorded at $40 \leq R \leq 600$ km. The corresponding relation for interplate Mexican earthquakes is (Ordaz et al., 1989):

$$\log A_{max} = 1.760 + 0.300 M_w - \log R - 0.0031 R \quad (2)$$

We note that the attenuation with distance is the nearly the same for both type of earthquakes. The scaling with M_w , however, is radically different; A_{max} of intraplate earthquakes has a much stronger dependence on M_w . For an ω^2 source model, with $Q=300$ and high-frequency cutoff at 15 Hz, the application of random vibration theory gives the following scaling of A_{max} with M_w (Boore, 1983):

$$\log (A_{max}) \sim 0.31 M_w + 0.80 \log \Delta\sigma \quad (3)$$

The scaling of A_{max} with M_w for interplate events is in agreement with constant $\Delta\sigma$. However, the scaling of A_{max} with M_w for intraplate earthquakes, would require that $\Delta\sigma \propto M_0^{0.28}$. This scaling is similar to the scaling one proposed by Nuttli (1983) for mid-plate earthquakes. Recently, Izutani and Kanamori (2001) suggest $M_0 \propto f_c^{-3/(1-\alpha)}$, where f_c is the corner frequency and $\alpha > 1$, implying that $\Delta\sigma$ increases with M_0 . Both from the point of view of seismic hazard estimation and the physics of the earthquake source process, it is very important to know if the scaling of $\Delta\sigma$ with M_0 implied by equation (1) is indeed true or if it is a consequence of some bias in the data or in the analysis technique. To resolve this important issue, we (a) take a careful look at the data set, (b) study the high-frequency level of the source acceleration spectra of the intraplate earthquakes, retrieved from (i) local and regional data and (ii) teleseismic data, and (c) investigate M_w and mb relationship.

SIS-13

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA FUENTE DEL SISMO DE LA CUENCA DEL RÍO BALSAS (22/05/97, MW= 6.5) USANDO REGISTROS DE MOVIMIENTOS FUERTES

Bruno Hernandez, Arturo Iglesias, S.K. Singh y Javier F. Pacheco

Instituto de Geofísica, UNAM

El análisis de la fuente sísmica (localización, geometría y cinemática) es importante en la determinación de los esfuerzos de una región dada y permite entender de mejor manera la tectónica regional. Con este objetivo y utilizando datos de las redes de movimientos fuertes del Instituto de Ingeniería (UNAM) y de banda ancha del SSN, se relocalizó el hipocentro del sismo de la cuenca del río Balsas del 22 de mayo de 1997 utilizando los tiempos de arribo de ondas P y S además del azimut de procedencia. La localización del hipocentro (18.429°N , 101.817°W , profundidad= 72.3 km) indica una ruptura al interior de la placa subducida de Cocos y la solución del tensor de momentos muestra un mecanismo de fallamiento normal que poco difiere del obtenido por Harvard (strike= 280° , dip= 63° , rake= -89° , strike= 96° , dip= 27° , rake= -93°).

En las formas de onda se observa que este sismo puede estar asociado a una fuente compleja. Dicha complejidad puede provenir de efectos de directividad y de presencia de subeventos. Por esta razón se requiere un análisis cinemático de la forma de onda que considere la propagación espacio-temporal de la ruptura sobre una falla extendida. Este análisis también permite determinar cual de los dos planos nodales (solución del mecanismo focal) fue en realidad el plano donde ocurrió la ruptura.

El método propuesto, para reconstruir la cinemática de la fuente, se basa en considerar ambos planos de falla y dividirlos en celdas, para cada una de las cuales, se calculan funciones de transferencia hasta cada estación. Posteriormente se determina, a través de un proceso de inversión (local o global), el deslizamiento y el tiempo de ruptura asociado a cada celda. Los análisis del ajuste y de la unicidad de la solución permiten escoger un escenario sobre otros. Este método puede ser usado de manera sistemática en el estudio de otros sismos de la región para determinar el estado de esfuerzos de la misma.

SIS-14

INVERSIÓN DE PARÁMETROS CINEMÁTICOS DE LA FUENTE DEL SISMO DE COLIMA-JALISCO, 1995: NUEVOS RESULTADOS INTEGRANDO DIVERSAS OBSERVACIONES

Arturo Iglesias, S.K. Singh, J.F. Pacheco, Bruno Hernandez, R. Bernal y Y. Yagi
Instituto de Geofísica, UNAM

El proceso de ruptura del sismo de Colima-Jalisco de 1995 (Mw=8.0) aún no es del todo claro. Si bien la mayoría de los trabajos coinciden en una dirección de la ruptura hacia el NW, la localización de la zona donde ocurrieron los máximos deslizamientos aún es incierta. Melbourne et al. (1997), determinaron un modelo de dislocaciones a partir de la inversión de datos de GPS (desplazamiento cosísmico), el cual indica que los

principales deslizamientos sobre el plano de falla deberían estar localizados más cerca de la línea de costa que de la trinchera. Por otro lado Mendoza y Hartzell (1999) invirtiendo registros telesísmicos determinaron que las dislocaciones deberían estar concentradas en la parte más somera del plano de falla, muy cerca de la trinchera. R. Bernal (2000), invirtiendo registros regionales, determinó la historia de la ruptura en donde es posible observar una propagación de ésta en la dirección de la trinchera. Ortiz et al. (2000) analizaron las señales de dos mareógrafos y un sensor de presión y determinaron que el deslizamiento sobre el plano de falla es de 2 ó 3 veces menor frente a Manzanillo que a Navidad, y sugieren la necesidad de incorporar estos datos, a los antes estudiados, en una nueva inversión de los deslizamientos sobre el plano de falla. Con este objetivo, en este trabajo, se llevo a cabo una inversión simultánea de los datos de GPS, mareógrafos y registros telesísmicos, siguiendo el esquema propuesto por Yagi y Kikuchi (2000). Los resultados de la inversión muestran que efectivamente es necesario incluir varias fuentes de datos para acotar el problema y obtener una solución consistente.

SIS-15

ANÁLISIS TELESÍSMICO DE LOS SISMOS OCURRIDOS EN EL SALVADOR EN ENERO-FEBRERO DE 2001

Juan Martín Gómez y Marco Guzmán Speziale
Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra, UNAM

Durante enero y febrero de 2001 ocurrió una serie de eventos sísmicos frente a las costas de El Salvador y en el continente. El sismo más grande de tipo normal (Mw 7.7) ocurrió el 13 de enero a una profundidad cercana a 50 km, la duración de la ruptura fue mayor a 45 s. La distribución de réplicas fue sobre un área muy pequeña respecto a la magnitud del evento, lo cual coincide con la ausencia de directividad. Sin embargo, la duración del evento es lo suficientemente larga como para que dicho efecto directivo estuviera presente. Un mes después (13/02/2001) ocurrió otro evento (Mw 6.6), preponderantemente de falla transcurrente, para el que tanto la localización CMT de Harvard, como su profundidad y sus características geométricas hacen evidente que no es una réplica del primero. La ocurrencia de ambos eventos y su solución de plano de falla coinciden mucho con un par de eventos muy similares ocurridos en 1986 prácticamente en la misma zona. Analizamos individualmente el tipo de ruptura de los eventos del 2001 y determinamos su distribución espacio-temporal. Discutimos la posibilidad de establecer si existe alguna relación sismogénica entre ambos pares de eventos que explique una posible tasa de recurrencia y si el evento mayor más cercano a la trinchera podría haber inducido al evento más pequeño ocurrido en la corteza continental. La similitud geométrica y espacial con respecto a los eventos ocurridos en 1986 muestra que cada evento corresponde en su zona a un modo de ruptura particular. Queda la duda si la cantidad de datos disponibles son suficientes para verificar si esta secuencia espacial de eventos tiene algún patrón de recurrencia temporal entre ellos.

SIS-16

MEDICIONES DE LA ANISOTROPIA DEBAJO DE MEXICO USANDO ONDAS SKS Y SKKS

Raúl Valenzuela Wong, Jeremías Basurto García y José Antonio Lozada Pérez
Instituto de Geofísica, UNAM

Se obtuvieron valores de anisotropía utilizando las dos componentes horizontales de los registros de ondas SKS y SKKS. En caso de que exista anisotropía debajo de la estación, la onda llegará primero en una de las dos componentes. La diferencia en los tiempos de llegada de la onda entre una componente y la otra se conoce como tiempo de retardo (dt). A la dirección en que viaja la onda con una velocidad mayor se le denomina dirección de polarización de máxima velocidad (fi), mientras que la dirección de polarización de mínima velocidad es perpendicular a ésta. En estudios anteriores se ha demostrado que el episodio tectónico más reciente en una región produce anisotropía en el manto superior y consecuentemente determina la orientación de fi. En ausencia de eventos tectónicos, la anisotropía viene determinada por la dirección del movimiento absoluto de las placas.

Para realizar el análisis se seleccionan las dos componentes horizontales con el segmento de registro que contiene a la onda de interés. A continuación se explora el espacio de posibles soluciones por medio de incrementos de 1 grado en la dirección de polarización de máxima velocidad, dejando variar el valor de fi entre 0 y 180 grados. Más explícitamente, para cada incremento se hace la rotación de ejes coordenados y se calculan la autocorrelación y la correlación cruzada de los dos registros. 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 incremento de dt y fi. Los valores de dt y fi que arrojan el menor valor característico cuantifican la anisotropía. Para verificar el resultado obtenido se aplica una corrección con valor de dt y fi a los registros originales sin rotar. En caso de que la interpretación sea correcta, la desaparición de la anisotropía es evidente ya que se elimina la energía de SKS y SKKS que había “invadido” a la componente transversal. Consecuentemente, al graficar los desplazamientos de las dos componentes se observa una polarización lineal.

Presentamos los resultados obtenidos al analizar los sismos del 16 de mayo de 1998 al sur de Fiji, del 8 de abril de 1999 en la zona de subducción de Japón y del 17 de agosto de 1999 en Turquía. Los registros provienen de la red de banda ancha del Servicio Sismológico Nacional. Hasta ahora se han estudiado registros de las estaciones CJIG, LVIG, MAIG, OXIG, PPIG, TUIG y YAIG, los cuales arrojan valores de dt entre 0.55 y 1.30 s.

SIS-17

ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD EN EL BLOQUE DE JALISCO

F. Núñez-Cornú, M. Rutz, F.A. Nava, G. Reyes-Dávila, C. Suárez-Plascencia
SisVOc, Universidad de Guadalajara

Estudios de microsismicidad se llevaron a cabo entre 1996 y 1999 en la región del Bloque de Jalisco utilizando estaciones sísmicas digitales portátiles (Mars 88 con sismómetros Le3D 1Hz). El análisis de estos datos ha permitido una primera caracterización

de tres zonas sismogénicas en la región: La primera de ellas al este de la Trinchería Mesoamericana, asociada con la interacción del Bloque de Jalisco con la subducción de la Placa de Rivera la cuál se caracteriza como una Zona Sísmica Doble (Double Seismic Zone) con sismicidad interplaca y sismicidad intraplaca en el “slab”. Esto sugiere la posibilidad de ocurrencia de grandes terremotos “intraslab” en la Placa de Rivera como han ocurrido en la Placa de Cocos; los datos disponibles no son suficientes para proponer un modelo de la morfología de la Placa de Rivera pero sugieren que esta doblada y posiblemente una subducción oblicua. La segunda zona corresponde al área de Bahía de Banderas (BB) donde se observan dos tipos de sismicidad: una superficial 0 a 10 km aparentemente asociada a rasgos estructurales en la corteza continental, y otra con profundidades de 10 a 35 km probablemente asociada con la interacción y/o límites de la Placa de Rivera y el Bloque de Jalisco. La tercera zona se caracteriza por una sismicidad con profundidades de 1 a 35 km en la placa continental, y esta ubicada en la región de Amatlán de Cañas y Ameca (ACA) presenta dos alineamientos principales uno que sugiere una falla activa a lo largo de los “semigrabens” de Ameca y Amatlan, el segundo en dirección a la costa. Una correlación de las zonas ACA y BB así como los registros en las estaciones cercanas a la costa de los eventos en ACA sugieren una fuerte discontinuidad en la corteza al norte de la cota 20°60'. Una comparación de nuestros resultados con los reportes del SSN muestra que el SSN solo reporta el 55% de los eventos que ocurren en esta región y para los cuales tiene capacidad de detección, así mismo las diferencias en localización son diferentes para cada una de las zonas propuestas y llegan a ser hasta del orden de 127 km en distancia y 90 km en profundidad. Es de llamar la atención para los eventos en ACA nuestros resultados muestran una sismicidad en la placa continental mientras que los del SSN sugieren actividad en la zona de Benioff.

SIS-18

REDES LOCALES SÍSMICAS EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA: AVANCES EN LA INTERPRETACIÓN DE DATOS

Frez, J., J. Acosta, A. Nava, J. González, S. Alvarez, G. Arellano, J. Carlos, R. García, I. Méndez, F. Farfán, L. Orozco y O. Gálvez.
Depto. de Sismología, CICESE
E-mail: jofrez@cicese.mx

Desde 1997, hemos registrado la actividad sísmica del norte de Baja California con redes locales (15 a 30 estaciones Reftek; período corto; tres componentes, grabación digital), en períodos de uno a cuatro meses por año. El propósito inmediato de la investigación es determinar con precisión y exactitud las características de la actividad microsísmica (parámetros hipocentrales, de mecanismos focales y estadísticos), la estructura sísmica y la respuesta de suelos en sitios de importancia para la ingeniería sísmica.

Detalles relacionados con el cubrimiento espacial y temporal de las redes, así como del registro y manipulación digital de los datos para formar las bases electrónicas correspondientes son descritos en otra presentación. En ésta, resumimos los resultados acumulados para el Valle de Mexicali, el sistema San Miguel (incluyendo el Valle de Ojos Negros), parte de la falla Sierra Juárez y una franja de actividad que une el extremo activo NW del sistema San Miguel con la costa del Pacífico, al N de Ensenada. Al mismo tiempo, entregamos algunos adelantos para otras dos regiones cuyos

datos están en proceso primario de análisis. Aquí, resumimos la distribución de los parámetros de los mecanismos focales, en particular de los ejes P y T, y utilizamos los sismos con $ML > 3.0$ para inferir aspectos de la estructura sísmica, específicamente a lo largo de la Sierra Peninsular.

Los máximos globales de la distribución de los ejes P y T sigue, con variaciones menores, un patrón regional consistente con el movimiento relativo de las placas Pacífico y de Norteamérica; el trabajo de detalle consiste en determinar la significación de las variaciones para cada área de estudio así como de los máximos locales encontrados. Buscamos determinar la sismotectónica de la actividad asociada al Valle de Ojos Negros (con régimen extensivo), así como de la franja de actividad sísmica ya mencionada y de la ortogonalidad de algunos alineamientos sísmicos encontrados en la región.

SIS-19

UNA VISIÓN GENERAL DEL CATÁLOGO SÍSMICO DE RESNOM

F. Ramón Zúñiga D.M. y Raúl R. Castro E.
UNICIT, Instituto de Geofísica, UNAM
CICESE

Un catálogo sísmico es el resultado de muchos años de esfuerzo dirigidos a la instrumentación, mantenimiento, compilación y depuración de datos de sismicidad de una o varias regiones. En muchas ocasiones, los datos de los catálogos nos hablan de las aportaciones de un grupo de personas que han dedicado su tiempo a proporcionar una base de información confiable que finalmente resulta invaluable para estudios posteriores. Sin embargo, es común que durante el tiempo transcurrido en el proceso de compilación de los datos de sismicidad, ocurran cambios en la operación de la(s) red(es), o bien cambios en la forma de determinar los parámetros básicos de los eventos sísmicos, u otras situaciones, los cuales redundan en variaciones en la sismicidad reproducida con base en los datos del catálogo.

Para poder contar con una idea general de los alcances del catálogo sísmico de la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM), el cual es compilado cotidianamente por el grupo de Sismología adscrito al CICESE, hemos efectuado un análisis objetivo preliminar en dichos datos. El catálogo incluye más de 10,000 eventos compilados a partir de 1976. Nuestros resultados indican que la magnitud mínima para reportar completamente, ha sufrido variaciones desde el inicio de compilación, pero manteniéndose entre los 2.6 y 2.0 grados en promedio. Existen algunos períodos, incluso, cuando dicha magnitud llegó a 1.8. Una magnitud mínima global para todo el período que abarca el catálogo, se puede tomar como 2.4. En cuanto a los períodos de reporte constante, es posible dividir la historia del catálogo en al menos tres intervalos. Las fechas preliminares que limitan dichos períodos son pre-1988, 1988-1994, 1994-actualmente.

Se discuten las variaciones espaciales en magnitud mínima, así como otros parámetros de importancia para los estudios de sismicidad del Noroeste de México.

SIS-20

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE TRENES DE ONDAS COMPLICADOS OBSERVADOS EN SISMOS OCURRIDOS EN EL SISTEMA DE FALLAS SAN MIGUEL, B.C. MÉX.

Rosalía García-Arthur, A. Nava, J. Frez, J. Acosta y J.J. González
Depto. de Sismología, CICESE

Se presentan resultados del análisis de sismogramas digitales obtenidos por una red local instalada de mayo a septiembre de 1998 en el sistema de fallas San Miguel, una de las regiones sísmicamente más activas del norte de Baja California.

La red sísmica estuvo compuesta por 30 estaciones digitales Ref Tek de 3 componentes y cubrió un área de 80 x 40 km.

Se analizaron 70 sismos locales con profundidades menores a 15 km. y registrados en 30 estaciones. De estos 70 eventos, se escogieron 360 sismogramas que presentan una fase previa a la onda Pg, caracterizada por una mayor amplitud y, en muchos casos, con diferentes contenidos de frecuencias.

Se estudia la dependencia, aparición y características de esta fase con respecto a la profundidad del foco, el azimut y la distancia epicentral. También se exploran los posibles mecanismos que pueden dar lugar a esta fase.

SIS-21

AN APPROACH TO ESTIMATING SHEAR-WAVE ATTENUATION FROM POLARIZATION ANALYSIS

T.I. Chichinina¹ and I.R. Obolentseva²

¹ Proyecto D. 1341 YNF, Instituto Mexicano del Petróleo
Eje Central Lázaro Cárdenas No. 152, México, D.F., 07730,
México

² Institute of Geophysics, Siberian Branch of RAS, Koptyug pr.
3, 630090, Novosibirsk, Russia

Let two plane harmonic shear waves $\mathbf{u}(t) = u_0 \mathbf{A} \exp[i\omega(z/V_s - t)]$ with circular polarizations of opposite sign $\mathbf{A}_1 = (1/\sqrt{2})(\mathbf{e}_1 + i\mathbf{e}_2)$, $\mathbf{A}_2 = (1/\sqrt{2})(\mathbf{e}_1 - i\mathbf{e}_2)$ and closely related velocities $V_{s_1} = V_0 + a - ib$, $V_{s_2} = V_0 - a - ib$ ($a \ll V_0$) propagate along z-direction from $z = z_1$ to $z = z_2$, $z_2 - z_1 = h$. If $a \neq 0$, attenuation of the two shear waves due to $b \neq 0$ is not the same: attenuation coefficient $\beta_1 = \omega b / [(V_0 + a)^2 + b^2]$ is less than attenuation coefficient $\beta_2 = \omega b / [(V_0 - a)^2 + b^2]$. The sum of oscillations $\mathbf{u}_1(t)$ and $\mathbf{u}_2(t)$ represents an ellipse with axes A and B ($A > B$) which "turns" as the wave $\mathbf{u}_1(t) + \mathbf{u}_2(t)$ propagates.

The ratios of amplitudes and phase differences of the two circular oscillations $E_{1,2} = \exp(-\omega h b_{1,2})$, $\phi_{1,2} = \omega h a_{1,2}$, where $a_{1,2} = (V_0 \pm a)/V_{s_{1,2}}^2$, $b_{1,2} = b/V_{s_{1,2}}^2$, provide the following system of equations:

$$\exp[-\omega h(b_1 - b_2)] = (1 + B/A)/(1 - B/A)$$

$$\omega h(a_2 - a_1) = 2 \left| \kappa \right|, \quad (a_2 > a_1).$$

Knowing ellipse parameters — a turn angle κ and a ratio of axes B/A — at different frequencies ω , one can find the parameters $a(\omega)$, $b(\omega)$ characterizing the velocities $V_{s_{1,2}} = V_0 \pm a - ib$. The imaginary part of the velocities V_{s_1} and V_{s_2} describes attenuation.

The above method of estimating attenuation started from an assumption that the medium is a gyrotropic one. The concept of seismic gyrotropy [1,2] is based on numerous experimental data received with uses of shear and converted waves over the 1960-1990 in the former USSR and other countries. Estimations of gyration and attenuation constants have been made for sand-clay sediments in the upper part of the underground at frequencies from 20 up to 500 Hz. The values of $a/V_0(\omega)$ occurred to be in the limits of 0.1 – 3% whereas the values b/V_0 were many times greater than $a/V_0(\omega)$ [1,3].

If a medium does not possess gyrotropic properties (no preferred left or right orientations of thin layers, etc.), “gyrotropy” may be made artificially in the source, for example, by a vibrator with two eccentric

masses rotating in opposite directions with differing amplitudes and phases.

References:

- Obolentseva, I.R. On seismic gyrotropy. *Geophys. J. Int.*, 1996, 124, N 2, 415—426.
- Obolentseva, I.R., and Chichinina, T.I. Seismic gyrotropy and its physical reasons. *Russian Geology and Geophysics*, 1997, 38, N 5, 1038—1053.
- Obolentseva, I.R., Nefedkin, Yu. A., Krylov, D.V. Gyrotropic properties of shallowest sand-clay sediments, as determined from acoustic measurements in boreholes. *Russian Geology and Geophysics*, 2000, 41, N 10, 1454—1474.

SIS-22

CARACTERISTICAS ESPACIO-TEMPORALES DE LA ATENUACION SISMICA EN LA REGION CENTRAL DE ITALIA

Raúl R. Castro¹, Giancarlo Monachesi², Luca Trojani², Marco Mucciarelli³, Massimo Frapiccini²

¹ Depto. de Sismología, CICESE, México

² Osservatorio Geofisico Sperimentale di Macerata, Italia

³ Università della Basilicata, Italia

Estudiamos las características espacio-temporales de la atenuación sísmica en la región central de Italia usando ondas S y de coda registradas por la red sísmica de la Marche generadas por temblores localizados en el área epicentral de la secuencia Umbria-Marche de 1997.

Determinamos el decaimiento de las amplitudes espectrales con la distancia calculando funciones empíricas de atenuación para 15 frecuencias entre 1 y 25 Hz. Analizamos separadamente premonitores y réplicas de la secuencia y encontramos el mismo decaimiento espectral. Este resultado sugiere que cualquier posible variación temporal de la atenuación sísmica, entre la ocurrencia de los eventos principales, pudo estar confinado en una área pequeña.

También encontramos que la dependencia del factor de calidad Q de las ondas S con la frecuencia puede aproximarse con la relación, $Q_s = 18 \cdot f^{2.0}$ entre 1 y 10 Hz. Para frecuencias más altas (10-25 Hz), la dependencia de Q_s con la frecuencia se debilita, tomando un valor promedio, aproximadamente constante, de $Q_s = 990$.

Para el lado oeste de la cadena montañosa de los Apeninos el valor de Q, determinado usando ondas de coda y modelos de dispersión simple (Aki y Chouet, 1975; Sato, 1977), puede aproximarse con la relación $Q_c = 77 \cdot f^{0.6}$ (entre 2-20 Hz). Esta relación es consistente con estimaciones previas de Q_c reportadas para la región central de los Apeninos. Para un volumen de muestreo que incluye la cuenca de Colfiorito, los Apeninos y la región de la Marche, encontramos que $Q_c = 55 \cdot f^{0.8}$. Estos resultados indican la posible presencia de una zona de alta atenuación bajo la cadena de montañas.

Para detectar los posibles cambios temporales de Q, calculamos cocientes espectrales de 5 dobletes temporales localizados en el área epicentral de la secuencia y registrados en estaciones cercanas. Encontramos cambios temporales de Q que varían de 27% a 56%, dependiendo de la localización de los dobletes. Esta variabilidad sugiere que los cambios temporales de la atenuación depende de la variación espacial de Q y posiblemente también de la distribución espacial del esfuerzo tectónico en el área epicentral.

SIS-23

LEY DE ATENUACIÓN PARA SISMOS INTRAPLACA EN MÉXICO

D. García¹, S.K. Singh², M. Ordaz³, M. Herráiz¹ y J.F. Pacheco²

¹ Depto. de Geofísica y Meteorología, UCM, España

² Instituto de Geofísica, UNAM, México

³ Instituto de Ingeniería, UNAM, México

E-mail: danielg@eucmos.sim.ucm.es

En este trabajo se establece, a partir del análisis de movimientos fuertes, una ley de atenuación para los terremotos intraplaca de mecanismo normal de México en un rango de distancias hipocentrales desde los 40 hasta los 600 Km. En el desarrollo de este estudio se han empleado 235 registros de aceleración de 11 terremotos intraplaca de mecanismo normal, con magnitudes M_w entre 5.8 y 7.4, que tuvieron lugar en la región centro meridional de México entre 1994 y 2000 (profundidad entre 35 y 75 km). Para la aceleración máxima, $A_{máx}$, la expresión obtenida es:

$$\log A_{máx} = -0.357 + 0.645 \cdot M_w - \log R - 0.0030 \cdot R \quad (1)$$

En comparación, la ley deducida para eventos interplaca (Ordaz, Jara y Singh, 1989) es dada por:

$$\log A_{máx} = 1.760 + 0.300 \cdot M_w - \log R - 0.0031 \cdot R \quad (2)$$

Comparando (1) y (2) se observa que los términos que dependen de R son iguales, pero que la dependencia con M_w es notablemente mayor en el caso de los temblores intraplaca. Este resultado es de gran importancia para la estimación de peligro sísmico y sugiere aumento de la caída de esfuerzo con momento sísmico para temblores intraplaca: $\Delta\sigma \propto M_0^{1/4}$ (ver Singh et al., resumen, este número).

A partir de la amplitud espectral de los terremotos intraplaca en México se ha determinado la dependencia del factor de calidad con la frecuencia ($0.1 \leq f \leq 18 \text{ Hz}$) dada por la expresión: $Q(f) = 276 \cdot f^{0.57}$. Este resultado es muy similar al obtenido para los terremotos interplaca en la región, $Q(f) = 273 \cdot f^{0.66}$ (Ordaz y Singh, 1992), por lo que puede afirmarse que la atenuación anelástica para ambas clases de eventos es análoga.

SIS-24

AMPLIFICACIÓN DE ONDAS SÍSMICAS EN LA CIUDAD DE PUEBLA

A.E. Posada Sánchez¹, G.J. González Pomposo¹, L. Alcántara Nolasco², A. Rodríguez Olayo¹, J. Jiménez Barroso¹ y R. De La Luz Santacruz¹

¹ Facultad de Ingeniería, BUAP

² Instituto de Ingeniería, UNAM

La ciudad de Puebla cuenta actualmente con una red de 10 acelerógrafos operando de manera continua. Estos equipos corresponden al trabajo conjunto del Instituto de Ingeniería de la UNAM y la Facultad de Ingeniería de la BUAP. Las estaciones que conforman la Red de Acelerógrafos de la ciudad de Puebla (RACP) se encuentran distribuidas en diferentes tipo de suelo y debido a ello han presentado distinto comportamiento ante cada uno de los sismos registrados desde 1987 a la fecha. El número de eventos correspondiente a cada una de las estaciones difiere debido a las características de operación, entre las que destaca el hecho de que las marcas y modelos de los equipos son distintos, así como que el rango de los sensores y el tiempo de operación de cada una de ellas es también diferente. A lo largo de 14 años la RACP ha permanecido en operación, razón por la que se han registrado eventos procedentes tanto de la zona de subducción del Sur de nuestro país como del interior del continente, entre los que destaca por su proximidad a la ciudad el del 15 de junio de 1999. En la actualidad se han registrado 44 eventos con magnitudes entre 4.0 y 7.5 grados en la escala de Richter y con distancias de 14 a 630 Km con respecto a la ciudad de Puebla. Los registros obtenidos para cada una de las estaciones se han estudiado mediante análisis espectral de Fourier, comparando los resultados correspondientes a las componentes horizontales contra la vertical mediante razones espectrales en el dominio de la frecuencia para cada una de los eventos registrados. Posteriormente se compararon todos los registros correspondientes a una misma estación y se trazó una envolvente en el rango de frecuencias en que esto fue posible, debido a que en algunos rangos de frecuencia el comportamiento no fue concordante para los distintos eventos. Con este banco de información ha sido posible calcular la amplificación en los distintos puntos instrumentados de la ciudad, determinándose factores de amplificación de las componentes horizontales con respecto a la vertical del orden de 17 veces. En el caso particular de la estación de Barranca Honda (BHPP) la razones espectrales obtenidas difieren significativamente para los distintos eventos analizados, lo cual se asocia a que se trata de una estación construida sobre roca (aunque está subyacente por toba) con lo que la variación puede atribuirse a características de fuente y trayectoria, no así de sitio. La estación que presenta mayores amplificaciones en la componente Norte-Sur es Parque Habana (PHPU), con valores máximos de 17, en el rango de frecuencias de 0.7 a 2.0 hz aproximadamente y en la componente Este-Oeste es la estación de Central de Abasto (CAPP), con valores máximos de 11 veces entre las frecuencias de 0.5 a 1.0 hz. Las características de estos puntos

en cuanto a amplificación se relacionan con el tipo de suelos que corresponde a suelos friccionantes en la estación de PHPU y a rellenos sobre basaltos en CAPP. Las estaciones de San Alejandro (SAPP) y Río San Francisco (RFPP) no han registrado ningún evento a partir de su instalación a finales de 1999, razón por la cual no aparecen en este estudio, sin embargo por sus características se espera que presenten factores de amplificación importante ante la ocurrencia de próximos sismos.

SIS-25

EL MOVIMIENTO OBSERVADO EN EL VALLE DE MÉXICO. RESULTADOS A PARTIR DE REGISTROS DE MOVIMIENTOS FUERTES

Martín Cárdenas Soto¹ y Francisco J. Chávez-García²

¹ Facultad de Ingeniería, DICT, Geofísica, UNAM

² Instituto de Ingeniería, Coordinación de Ingeniería Sismológica, UNAM

E-mail: martinc@servidor.unam.mx

La respuesta sísmica de la zona de lago de la ciudad de México es estudiada mediante registros de movimientos fuertes de un arreglo 5 estaciones acelerométricas (tres en superficie y dos en pozo) localizado en la colonia Roma. El análisis de los datos se realiza en los dominios del tiempo y la frecuencia. Se compara la respuesta sísmica en sitios de la zona de lomas con respecto al movimiento registrado el sustrato de la cuenca. Esta comparación muestra que no existe diferencia entre el movimiento registrado en ambos sitios, es decir se trata del mismo campo incidente. El análisis de los registros filtrados alrededor de varios periodos (1 a 10 s) muestra que para periodos mayores que el periodo del sitio, T_0 , el movimiento del suelo en todas las estaciones es similar. En periodos cercanos a T_0 no existe similitud en la forma de onda entre los registros de las diferentes estaciones, tanto de superficie como en profundidad. Se observa que los pulsos monocromáticos asociados con la duración del movimiento en la Valle de México dominan la amplitud del registro en periodos cercanos a T_0 . Estos trenes de onda no se observan en la misma banda de periodo en los registros de las estaciones en pozo. Mediante un análisis de correlación se muestra que la resonancia de los estratos superficiales complica el campo de onda que se registra entre estaciones y entre componentes del movimiento. Este efecto ocurre en periodos cortos y para profundidades menores a 50 m. Posteriormente se determinaron direcciones y velocidades de propagación del campo de onda que cruza el arreglo utilizando las estaciones en superficie. Los resultados muestran que la energía sísmica en periodos largos se propaga coherentemente en la dirección del epicentro al arreglo y ondas que se originan en algún otro límite geológico alrededor del Valle. En periodos cortos la dirección predominante de la energía de propagación es hacia el Este, con una gran dispersión. Las velocidades de fase, para todos los periodos, están en acuerdo con las curvas de dispersión predichas por la estratigrafía bajo el sitio.

SIS-26

EFFECTO DE SITIO EN LA ESTACIÓN SWITCHEO DEL CAMPO GEOTÉRMICO LOS AZUFRES

Julio Cuenca Sánchez, Miguel Rodríguez G. y Jorge Aguirre G.

Instituto de Ingeniería, UNAM

Es importante analizar los escenarios probables a partir de alguna combinación de parámetros que producen daños a causa de efecto de sitio e igualmente conocer las características general de un probable sismo fuerte. Hemos evaluado el efecto de sitio en la estación sísmica llamada SWITCHEO localizada en el extremo norte del Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán, para conocer su frecuencia dominante y estimar la amplificación máxima relativa.

Se utilizaron las trazas digitales registradas por un K2 marca Kinematics el cual además de tener un sensor interno triaxial en aceleración, se le acopló un sensor externo triaxial L22 en velocidad. Se calculó el cociente espectral usando la técnica de Nakamura (1989) para ambas componentes horizontales EW y NS respecto a la componente Vertical. Esta técnica se aplicó para las trazas de aceleración y de velocidad, en ambos casos usando un sismo localizado a 254 Km. en las costas de Michoacán con una magnitud de 5.1 (fecha 1 de diciembre del 2000, epicentro en 18.1°N y 102.2°W, profundidad 25 Km.). También se calculó el cociente espectral usando el ruido sísmico ambiental para una traza sísmica de velocidad del 17 octubre del 2000 con tiempo de inicio 15:36 TU. Se cubrió con una ventana de análisis a todo el registro del sismo y en el caso del ruido se utilizó una adecuada ventana de 20 segundos.

Se obtiene una frecuencia dominante en 1.9 Hz (0.53 segundos de periodo) con una amplificación máxima (Ar) hasta 14 veces. Luego hay una buena coincidencia en nuestros resultados tanto en frecuencia como en amplificación, usando tres tipos de datos: aceleración, velocidad y ruido en velocidad, con lo cual comprobamos nuestro análisis.

Para analizar el efecto de un sismo fuerte esperado en la estación Switcheo, se han calculado sismogramas sintéticos usando el método de funciones de Green empíricas. Para ello se utilizó el registro de la estación Switcheo del sismo ocurrido el 1-Dic-2000 como función de Green empírica. Las características generales del sismo esperado se han considerado similares a las del sismo de 19 de septiembre de 1985 en la simulación. La aceleración máxima estimada en el sitio es 30 gal.

SIS-27

EFFECTO DE SITIO EN LAS CIUDADES DE ZINAPÉCUARO Y QUERÉNDARO, MICHOACÁN

Julio Cuenca Sanchez, Miguel Rodríguez y Jorge Aguirre González

Instituto de Ingeniería, UNAM

Mediante mediciones puntuales de vibración ambiental realizadas en las ciudades de Zinapécuaro y Queréndaro evaluamos el efecto de sitio sobre el movimiento sísmico del suelo. Siendo el efecto de sitio el de mayor importancia en el diseño de edificaciones, es el factor importante para la mitigación de desastres de terremotos como el de Michoacán (1985), así mismo contribuye

su geología local, su topografía al movimiento sísmico del suelo. Para el estudio se utilizó la técnica de Nakamura. El equipo consistió en un registrador EDA de tres canales y un sensor triaxial de periodo natural $T_0=1$ s. Los sitios medidos incluyen la zona de suelos aluviales de las ciudades variando desde 0.7, a 2 Hz, y de roca donde el cociente espectral se comporta casi plano. Sus periodos corresponden a 1.4, 0.1 y 0.5 segundos respectivamente y amplificaciones máximas relativas entre 3 y 8 veces. Para las dos ciudades se elaboraron mapas de isoperiodos como características básicas del efecto de sitio. También se incluye las amplificaciones máximas relativas. Las construcciones de un piso que abundan en las Ciudades de Queréndaro y Zinapécuaro pueden ser afectadas por periodos resonantes a 0.1 segundos. Daños considerables en esta zona han sido consignados desde la segunda mitad del siglo XIX hasta la fecha. Las fuentes potenciales son la zona de subducción mexicana y los sismos intraplaca (el epicentro del sismo de Acambay de 1912 con magnitud $M_s=6.9$, esta aproximadamente a 120 km). Recientemente se ha localizado sismicidad somera al sur (2 km) de Queréndaro.

SIS-28

AVANCES EN LA ZONIFICACION DEL RIESGO SISMICO EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA

Leobardo Lopez Pineda¹, Cecilio Rebollar Bustamante²,
Miriam Dolores Lopez Perez¹ y Roberto Garcia Peralta¹

¹ Carrera de Ingeniero en Geociencias, Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora

² Depto. de Sismología, CICESE

Se presenta un mapa de periodos naturales dominantes del suelo de la zona urbana de Hermosillo, Sonora; limitado por las coordenadas: UTM: 495000 a 510000, 3225000 a 3207500

Para la obtención de los periodos dominantes se utilizó la técnica de Nakamura. La fuente de información fue el ruido sísmico ambiental (microtremores) registrado en una grabadora digital SSR1 conectada a sensores de aceleración con respuesta plana entre 0.05 y 20 Hz. El tiempo de observación en cada sitio fue de dos minutos.

Los periodos dominantes son correlacionables con los diferentes tipos de suelos:

- a) Zona próxima a roca firme
- b) Zona intermedia
- c) Zona de arroyos o ríos

Esta información será relevante en la determinación de criterios de riesgo sísmico a considerarse en el reglamento de construcción de la Ciudad de Hermosillo. Asimismo se mostrarán ejemplos de eventos locales registrados en la estación permanente de banda ancha de Hermosillo.

DETERMINACION DE PELIGRO SISMICO MEDIANTE CADENAS DE MARKOV — I

Nava, F., Herrera-Oliva, C., Frez, J. y Glowacka, E.
Depto. de Sismología, CICESE

El *Peligro Sísmico*, i.e. la probabilidad de ocurrencia de un sismo con magnitud y tiempo de ocurrencia en intervalos dados y en determinadas regiones de un área de estudio, se estima mediante la aplicación de Cadenas de Markov al análisis estadístico de la sismicidad reportada en catálogos. El método se aplica a *sistemas* que son áreas geográficas que incluyan varias regiones sísmogénicas, y está basado en las premisas:

a) El estado de esfuerzos que determina la ocurrencia de sismos grandes en cada región del sistema durante un intervalo de tiempo está relacionado con la historia sísmica tanto de esa región como de las demás regiones. Sin embargo la actividad sísmica de cada región no está directamente relacionada con alguna de las demás regiones de manera que permita predecir la futura actividad en ella.

b) Cada estado del sistema (definido por la ausencia o presencia de sismicidad en cada una de las regiones) representa el resultado de la historia sísmica. Por tanto, el estado que sigue al actual depende, a través de éste, de la misma historia sísmica que llevó al estado actual y estará determinado, probabilísticamente, por éste.

Durante un intervalo de tiempo específico, cada región tiene uno de dos estados: ausencia (0) ó presencia (1) de sismos con magnitud mayor o igual a una magnitud umbral. El estado total del sistema es un número binario cuyos dígitos corresponden a los estados de las regiones. Para cada intervalo se determina el estado del sistema y se forma una matriz de transiciones a partir de la cual se obtiene la matriz $P_{ij} = P\{j | i\}$ que contiene la probabilidad de ocurrencia del estado j dado que el sistema se encuentra en el estado i .

El método está limitado principalmente por la extensión (y menormente por la exactitud) de los catálogos, y tanto la definición del área y sus regiones como de los parámetros intervalo de tiempo y magnitudes umbral se hacen empíricamente a manera de obtener definición y cobertura óptimas. Se cuantifica la confianza en las probabilidades de transición de cualquier estado, y se compara la distribución de los valores de probabilidad de la matriz con distribuciones sintéticas obtenidas suponiendo probabilidades uniformes.

DETERMINACION DE PELIGRO SISMICO MEDIANTE CADENAS DE MARKOV — II

Herrera-Oliva, C., Nava, F., Frez, J. y Glowacka, E.
Depto. de Sismología, CICESE

La capacidad predictiva del método se evalúa comparando las probabilidades de transición calculadas contra observaciones de sismicidad para un período cerca del final del catálogo. Estrictamente hablando, la ocurrencia de cualquier transición cuya probabilidad sea distinta de cero puede considerarse un éxito predictivo (aunque se trate de una probabilidad pequeñísima) así como la no ocurrencia de una transición cuya probabilidad sea cero,

y estos resultados son estadísticamente significativos, pero consideramos que no son de gran valor práctico. Por tanto, decidimos adoptar un criterio mucho más estricto considerando como éxitos solamente la ocurrencia de estados con probabilidades por encima de la banda $< P_{ij} > + \mu < P_{ij} >$ ($\mu \approx 0.25$), como fracasos la ocurrencia de estados con probabilidades por debajo de dicha banda y la de estados con probabilidades dentro de la banda como indefinida (todas las probabilidades iguales al promedio forman una distribución uniforme que no permite predicción alguna).

A partir de las probabilidades de transición es posible obtener las probabilidades de ocurrencia por región. En este caso los problemas de criterio éxito/fracaso son los mismos descritos anteriormente, pero ante el número mucho menor de regiones que de estados, se decidió utilizar como criterio de predicción únicamente la ocurrencia de sismos en la región (o regiones) con la probabilidad máxima.

El método se aplicó al área de Japón, considerando cuatro regiones: Islas Kuriles ($M \geq 5.3$), Japón Central ($M \geq 5.3$), Islas Ryukyu ($M \geq 4.9$) y Japón Sureste ($M \geq 5.1$). Fue posible obtener estimaciones de peligro para $\Delta t = 1$ mes con un muy significativo índice de aciertos; particularmente exitosa fue la predicción de ocurrencia en la región de máxima probabilidad.

La aplicación del método al área norte de Baja California dio resultados marginales debido a la escasez de datos.

ANÁLISIS DE LA EMISIÓN SÍSMICA EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE TRES VÍRGENES, B.C.S.: FUENTES DE EMISIÓN Y ESTRUCTURA GEOLÓGICA LOCAL

Iván Rolón, Francisco Chávez-García y Miguel Rodríguez
Instituto de Ingeniería, UNAM

La Comisión Federal de Electricidad cuenta al complejo volcánico de Tres Vírgenes, B.C.S., entre los prospectos para desarrollar un proyecto de generación utilizando energía geotérmica. Por ello, este sitio ha sido objeto de varios estudios desde hace casi una década. Estos estudios incluyen monitoreo de la actividad sísmica, perforación de pozos exploratorios y reconocimientos geológicos y geofísicos de la zona.

Como parte de esos estudios, en noviembre de 1999 se instaló una red temporal densa de sismógrafos digitales. Los instrumentos utilizados fueron prestados por el consorcio IRIS-PASSCAL y se contó con la colaboración del CICESE para la realización de las observaciones. La red que se instaló contó con 17 sismógrafos REFTEK, acoplados a sensores triaxiales de 1 Hz de frecuencia propia. Las estaciones se instalaron formando tres semicírculos concéntricos, con radios aproximadamente de 50, 100 y 150 metros, en los que se colocaron 16 de las estaciones, la estación restante se dispuso en el centro del arreglo. El arreglo operó con registro continuo durante un mes, a una cadencia de muestreo de 100 Hz.

La información registrada se analizó de la siguiente manera. Con el fin de determinar aquellas bandas de frecuencia en que era probable observar trenes de onda coherentes se calcularon los periodogramas de las tres componentes de cada estación. Los periodogramas fueron calculados seleccionando ventanas de tiempo de los registros de 20 s, sin traslape entre ellas. Esas ventanas se

extrajeron de los registros usando funciones de Hamming. En la componente vertical de todas las estaciones se observaron picos espectrales entre 10 y 12 Hz, mientras que en las componentes horizontales se observaron picos espectrales en las bandas de 4 a 5 Hz y de 10 a 12 Hz. Desgraciadamente en los espectros FK correspondientes a estas bandas de frecuencia no fue posible detectar ninguna señal debido a fuertes problemas de aliasing espacial pues las velocidades del medio son muy bajas. Sin embargo, en los espectros FK correspondientes a frecuencias menores a 2 Hz si fue posible detectar señales comunes en el arreglo de estaciones. En el cálculo de los espectros FK se emplearon registros de 1000 segundos. En un primer paso, los espectros FK se calcularon empleando anchos de banda de 0.5 Hz y se analizó la estacionariedad de las señales. Posteriormente, sacrificando la resolución en tiempo en pos de una mayor resolución en frecuencia, se calcularon los espectros FK con anchos de banda de 0.06 Hz cada 0.03 Hz a partir de 0.5 Hz y hasta 2 Hz. A partir de los máximos de los espectros FK se calculó la dirección y velocidad de propagación de las señales detectadas así como sus incertidumbres. Los resultados del análisis consistieron en un mapa detallado de la dirección de propagación de las ondas que atraviesan el arreglo y sus velocidades aparentes. Esto nos permitió determinar las zonas que presentan mayor actividad sísmica. Durante el periodo de registro, esa actividad se concentró en las zonas hacia el NW (N70W y N50W) del arreglo, delimitando los conos más activos del complejo. Las velocidades aparentes muestran una predominancia de ondas superficiales en los registros. Las curvas de dispersión determinadas permitieron determinar la estructura somera de la zona volcánica.

SIS-32

ARPA: ESTRUCTURA SOMERA DE LA VELOCIDAD DE ONDAS S EN EL COMPLEJO VOLCÁNICO DE LAS TRES VÍRGENES, B.C.S.

Miguel Rodríguez, Francisco Chávez-García e Iván Rolón
Instituto de Ingeniería, UNAM

Usando datos del Arreglo Sísmico de Pequeña Abertura (ARPA) instalado en el complejo volcánico de Las Tres Vírgenes durante noviembre-diciembre de 1999 estimamos la estructura somera de la velocidad de ondas S bajo el arreglo utilizando el método de correlación espacial SPAC.

El método fue implantado mediante el siguiente procedimiento: a) Sincronización de los registros y selección de ventanas de 60 segundos. b) Para cada una de estas ventanas filtramos los registros de ruido con dos secuencias de filtros; una de baja resolución con ancho de banda de 0.5 Hz, y una de alta resolución, con ancho de banda inferior a 0.1 Hz. c) Para cada banda de frecuencia calculamos el coeficiente de correlación entre los registros correspondientes a la distancia r y el registro de la estación CENTRO y d) Cálculo del promedio acimutal. El procedimiento anterior se repite para cada ventana, y enseguida calculamos el promedio de los coeficientes de correlación en todas las ventanas y estimamos la desviación típica. Los coeficientes así obtenidos los usamos para estimar los valores de velocidad usando inversión no lineal.

Las curvas de dispersión correspondientes a las distancias de 50 y 150 m son similares entre ellas y comparables con la curva de dispersión obtenida del análisis FK. Estas curvas se usaron para invertir la estructura somera de velocidades con resultados significativos hasta cerca de un km de profundidad.

Espesor [km]	Vp [km/s]	Vs [km/s]
0.038	0.6	0.39
0.204	1.6	1.12
0.697	4.5	2.19
	5.2	3.10

SIS-33

ACTIVIDAD SÍSMICA DE LAS ESTRUCTURAS NEOTECTÓNICAS DEL SURESTE DE MÉXICO

Alfredo Cervantes Sánchez
Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias,
Universidad Autónoma de Tamaulipas

El análisis comparativo entre la distribución de los epicentros sísmicos para el periodo 1900-1974, la densidad de los mismos, la intensidad sísmica, el potencial sísmico liberado, la frecuencia hipocentral, la intensidad de desmembración, la densidad de fracturas, y las estructuras neotectónicas (EN) del sureste de México, permite hacer las siguientes consideraciones: a) hay dos tipos de concentración epicentral; de superficie, y lineal, b) las concentraciones de superficie, coinciden con cambios en la orientación e hipsometría de las divisorias principales de las EN, y con zonas de distensión, c) las concentraciones de tipo lineal se ubican a lo largo de zonas de debilidad transversales a la orientación de las EN, d) la estructura neotectónica de mayor actividad sísmica es la Sierra Madre Del Sur y su parte hundida (Planicie Costera del Pacífico); le siguen la plataforma y el talud del Pacífico, la zona de debilidad transcontinental Tehuantepec (ZDTT) en su parte central, e) la relación frecuencia-profundidad de los hipocentros nos muestra que la actividad sísmica de las EN podría estar asociada con dos horizontes sismogénicos, uno en la corteza y otro en la parte superior del manto, f) las configuraciones de las isocistas de intensidad IX y X tienden hacia los límites interestructurales, particularmente entre aquellas EN que tienen un carácter tectónico diferente, g) no hay una congruencia entre las zonas de alta densidad epicentral y aquellas de gran intensidad sísmica, h) en la parte SW de la región occidental hay una zona de alta densidad epicentral en la cual todos los parámetros medidos presentan valores altos. Los resultados obtenidos muestran la importancia fundamental que tienen los estudios de la neoestructura en la comprensión de la dinámica litosférica.

SIS-34

THE SURFACE RUPTURE OF THE 3 MAY 1887 (MW=7.4) SONORA EARTHQUAKE (SOUTHERN BASIN AND RANGE PROVINCE)

Max Suter
Instituto de Geología, Estación Regional del Noroeste, UNAM
Hermosillo, Sonora

North-south striking and west-dipping Basin and Range province normal faults form the western edge of the Sierra Madre Occidental plateau in northeastern Sonora. These faults and associated half-grabens extend over a distance of >300 km between the San Bernardino basin in the north and the Sahuaripa basin in the south. An earthquake in 1887 ruptured three neighboring segments of this major fault zone. The rupture dips 74°W and is composed (from south to north) of the (1) Otates (length $l = 18.9$ km, maximum vertical separation $a = 220$ cm, average vertical

separation $b = 152$ cm), (2) Teras ($l = 20.7$ km, $a = 184$ cm, $b = 112$ cm), and (3) Pitáycachi ($l = 43.8$ km, $a = 487$ cm, $b = 232$ cm) segments. The existence of the previously unreported Otates segment explains why the damage was most severe in Bavispe and Villa Hidalgo (formerly Óputo), which are located closer to this segment than to the previously known segments. The limits between the defined rupture segments are characterized by structural discontinuities (stepovers) and minima in the displacement distribution, which suggests that the segments ruptured independently and do not merge at depth. Macroseismic observations (Aguilera, 1888) also indicate that this was a composite earthquake with the individual shocks separated only by a few seconds. Segmentation of the surface rupture exists on a smaller scale but is not reflected in the slip distribution. Including two isolated minor segments to the north of the Pitáycachi segment, the known rupture trace length adds now up to 86.3 km, and the distance between the rupture trace extremities is 101.4 km. The rupture trace extremities are located at 109.149°W/31.270°N in the north and 109.165°W/30.356°N in the south. Based on the end-to-end length of the rupture trace and the length versus magnitude regression by Wells and Coppersmith (1994), M_w is estimated as 7.4 ± 0.3 . The surface rupture of the Pitáycachi segment has a well-developed branching pattern (five north-facing bifurcations in the northern part of the segment, two south-facing bifurcations in its southern part), which suggests that the rupture of the Pitáycachi segment initiated in its central part where the polarity of the rupture bifurcations changes. The rupture is characterized by east-west extension, perpendicular to the fault trace. However, deflected stream channels and a left-stepping en échelon rupture array indicate locally a right-lateral strike-slip component in the central part of the Pitáycachi segment.

SIS-35

A MODEL OF THE CHANGES IN COULOMB FAILURE STRESS INDUCED BY THE 3 MAY 1887 ($M_w=7.4$) SONORA EARTHQUAKE (SOUTHERN BASIN AND RANGE PROVINCE)

Juan Contreras¹ and Max Suter²

¹ Depto. de Geología, CICESE

Ensenada, Baja California

E-mail: juanc@cicese.mx

² Instituto de Geología, Estación Regional del Noroeste, UNAM
Hermosillo, Son., México

We present a numerical simulation of the changes in static Coulomb stress resulting from a major historical earthquake that occurred in the Basin and Range province of northeastern Sonora. Geological mapping indicates the surface rupture to be >100 km long and composed of three fault segments. The rupture strikes roughly N-S, dips 75° W, and individual fault segments have average vertical displacements of 2.32 m (north segment), 1.12 m (central segment), and 1.54 m (south segment). Our seismicity compilation for this region shows the epicenters to cluster near the rupture tips, in the stepovers between the individual rupture segments, and in an area 30-40 km long, located 15-30 km to the west of the rupture trace. Our calculations should clarify whether the documented clusters of seismicity are related to the changes in Coulomb failure stress.

To model the changes in static stress, we have applied the Coulomb 2.0 program, which is designed to calculate displacement, stress, and strain associated with earthquakes. In this program, the

crust is considered an elastic isotropic half-space, and the faults are dislocations embedded within this elastic continuum. We calculated the Coulomb stress for N-S striking and W dipping faults at a depth of 7 km and assumed the following material properties: Young's modulus: 0.8 bar; Poisson ratio: 0.25; crustal density: 2700 kg/m³; coefficient of internal friction: 0.8. We imposed the following far-field stresses: maximum principal stress (vertical): 2180 bar; intermediate principal stress (N-S): 2000 bar; and minimum principal stress (E-W): 1280 bar.

Our work indicates a good correlation between the clusters of seismicity and the calculated stress concentrations. For example, the model suggests that the clusters of seismicity near the rupture tips and in the stepovers result from lobate stress build-ups associated with high strain gradients at the rupture terminations. Our calculations also suggest that the cluster of seismicity located to the west of the rupture is likely to result from coseismic bending of the crust.

SIS-36 CARTEL

ADVANCED DIGITAL SEISMIC NETWORKS

P. Passmore, M. Rozhkov and L. Zimakov

Refraction Technology, Inc.

2626 Lombardy Lane #105, Dallas, Texas 75220

E-mail: info@reftek.com

Refraction Technology, Inc. (REF TEK) offers digital seismic network solutions that utilize the latest advances in hardware and software technology. These networks are used in various applications, such as, regional/national seismic networks, hazard mitigation, volcano monitoring, CTBT monitoring, and small aperture arrays. These advanced seismic networks offer flexible telemetry options, low or no recurring telemetry cost, and reduced logistics and ongoing maintenance costs. Included in these networks is an advanced and unique real-time seismic network data processing software package.

REF TEK's advanced seismic networks are built around our 3rd Generation Seismic Recorder, model 130-01, and Integrated Strong Motion recorder, model 130-SM. Both recorders equipped with Ethernet controller and serial interface with Point-to-Point protocol make up the primary remote field station components for data telemetry over IP networks. Either configuration provides full duplex data transmission between the central recording station and the field stations. Any combination of these DAS configurations can co-exist in a network. Optionally, a Microdrive can be installed in the DAS to provide emergency data backup at the field site in the event telemetry is lost during large earthquakes.

A typical central station consists of a powerful online computer used for configuring the remote station DAS's, monitoring DAS status, monitoring communication status, and archiving remote station data. The REF TEK network controller (RNC) with user friendly graphical user interface (GUI) and web-enable features is available, providing an intuitive command and control application for the operator. In addition, an offline computer is installed for data processing. The offline computer is configured with an advanced data processing and analysis software package called Seismic Network Data Processor (SNDP).

Hardware, communications and software solutions will be discussed in the presentation.

SIS-37 CARTEL

ANALYTICAL MODELING ON GENERATION OF TSUNAMI WAVES

Rodrigo Gonzalez Gonzalez and Sergey Ya. Sekerzh
Zenkovich

Depto. de Física y Matemáticas, Universidad de Sonora
Hermosillo, Son., Mexico

Instituto para Problemas en Mecánica, Moscú, Rusia

A compressional point source radiating longitudinal waves in a harmonic mode is located in an homogeneous, isotropic and perfect elastic half-space, unbounded in the horizontal directions, on which lies a constant depth layer of an incompressible fluid. A linear model is constructed and the fluid motion is described by the potential equation. In the linear approximation, the vertical displacements of the fluid free surface and the interface between the fluid and elastic body, are analyzed using a computer algebra system (Maple). The results are presented for various types of parameters of the problem with the purpose to estimate the relative height of the fluid surface. Applying the model to the tsunami problem it is found that at source depths of a few tens of kilometers significant tsunami waves can be excited when the seismic source includes long period components. In particular, it is established that if the source is located at the depth of 40 km, tsunami waves are generated when the source operates at periods around 15 min.

SIS-38 CARTEL

ESTUDIO DE SISMOTECTÓNICA, ATENUACIÓN Y TOMOGRAFÍA SÍSMICA EN LA REGIÓN VOLCÁNICA Y GEOTÉRMICA LAS TRES VIRGENES, BAJA CALIFORNIA SUR

Victor Wong Ortega, Luis Munguía Orozco y Cecilio J.
Rebollar Bustamante

Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Se analizó la microsismicidad registrada en octubre de 1993 en la región volcánica y geotérmica Las Tres Virgenes, Baja California Sur. Uno de los objetivos de este estudio consistió en determinar el patrón de ocurrencia sísmica, así como el patrón de esfuerzos tectónicos que existen en la zona. Se determinó que la mayor actividad sísmica ocurrió en la Caldera El Aguajito y en la falla La Virgen. En la zona del complejo volcánico Las Tres Virgenes solo se detectó una actividad sísmica menor. El 85 % de los eventos localizados ocurrieron a profundidades de entre 3 y 7 km. Estadísticamente, el valor de 1.29 estimado para el coeficiente b de la relación frecuencia-magnitud de los eventos sugiere un mecanismo que genera principalmente eventos de baja magnitud ($M_l < 3.5$) en la región, en comparación con los eventos de mayor magnitud que ocurren en el Golfo de California.

El análisis de las razones V_p/V_s y del coeficiente de Poisson muestra que estos parámetros varían en intervalos de 1.68 a 1.76 y de 0.23 a 0.26, respectivamente. Tales variaciones sugieren una distribución inhomogénea en la velocidad de propagación de las ondas P y S en la región. Los valores promedio determinados para la región son 1.72 para V_p/V_s y 0.24 para el coeficiente de Poisson. Por otro lado, las soluciones de plano de falla calculadas para algunos eventos sísmicos indicaron fallamiento a rumbo lateral derecho predominantemente, con ligeras componentes de movimiento normal. La distribución de los ejes principales de

esfuerzo de esos mecanismos focales sugiere que la región de estudio experimenta compresión y extensión en direcciones N-S y E-O, respectivamente, en concordancia con el patrón de esfuerzos impuesto por el sistema de fallas transformadas del Golfo de California.

Se estimaron también los factores de calidad de ondas de coda (Q_c) y de cuerpo P (Q_p) y S (Q_s) con un modelo de dispersión simple y con el método de razones espectrales, respectivamente, en un rango de frecuencias de 4 a 24 Hz. Los valores de Q_c en seis de siete estaciones analizadas muestran una tendencia muy similar con la frecuencia. Sin embargo, en la estación sísmica cercana a la zona geotérmica, los valores de Q_c se apartan de esta tendencia en las bajas frecuencias. Este comportamiento se atribuye a que la estación (E1) está ubicada en una región altamente fracturada y con manifestaciones hidrotermales superficiales. Con datos de Q_c que muestran la misma dependencia con la frecuencia y una relación de la forma $Q_c(f) = Q_0 \cdot f^{**}(n)$, se obtuvo $Q_c = (50.0 \pm 3.0) \cdot f^{**}(0.65 \pm 0.02)$ para la región. Para la estación E1 en particular, Q_c se expresa como $Q_c = (3.0 \pm 0.5) \cdot f^{**}(1.48 \pm 0.06)$. En el análisis de atenuación de ondas de cuerpo P y S se obtuvieron valores bajos para Q_p y Q_s . En las frecuencias consideradas, la atenuación de las ondas P fue mayor que la atenuación de las ondas S, sugiriendo una corteza somera parcialmente saturada con fluidos. La forma en que Q depende de la frecuencia puede aproximarse por $Q_p = (4.0 \pm 3.0) \cdot f^{**}(0.97 \pm 0.29)$ y $Q_s = (10.0 \pm 3.5) \cdot f^{**}(1.04 \pm 0.14)$, para ondas P y S respectivamente. Estos resultados muestran que Q_p y Q_s aumentan con la frecuencia de manera similar a la tendencia mostrada por Q_c .

Se efectuó también un proceso de inversión simultánea de hipocentros y estructura tridimensional de velocidades en una zona de $20 \times 24 \times 10$ km³, que incluye al complejo volcánico Las Tres Virgenes. Con la inversión, se determinaron zonas de baja velocidad en el flanco sur del volcán La Virgen y en la porción sur de la Caldera El Aguajito. Una de estas zonas de baja velocidad está localizada en el Cañón el Azufre y en la zona de alteración hidrotermal. La distribución de velocidades en la zona de los volcanes muestra una distribución uniforme tanto horizontal como verticalmente, indicando una estructura de velocidades muy similar a profundidades mayores de los 8 Km. La mayor variación lateral de la velocidad se observa en la zona del cañón El Azufre cuyo efecto se puede apreciar hasta 7 km de profundidad. Las variaciones en la velocidad observadas en el interior de la zona de inversión se pueden deber, entre otras razones, a efectos inducidos por la cubierta volcánica inhomogénea, a la parte superior del basamento granítico fracturado, a las altas temperaturas de la zona de los volcanes y al contenido de fluidos en las fracturas de las rocas de la zona geotérmica.

SIS-39 CARTEL

LA ACTIVIDAD SÍSMICA RECIENTE EN LA COSTA DE COLIMA

Tonatiuh Domínguez Reyes, Carlos Navarro Ochoa, Mauricio
Bretón G. y Gabriel Reyes Dávila
Universidad de Colima

Durante los meses de abril y mayo de este año, la red sísmica de Colima registró eventos frente a las costas de Colima. El mayor de ellos con una magnitud de 6.3 grados y una profundidad superficial (menor a 15 Km.), ocurrió el 19 de Mayo de 2001. La mayoría de los temblores se acumularon en dos zonas, una de ellas

muy cerca de las costas de Cuyutlán probablemente al final de la zona de acoplamiento sísmico entre la placa de oceánica de Cocos y la placa continental de Norteamérica, y la otra, sismos mas superficiales, y al inicio de la zona de acoplamiento entre estas dos placas tectónicas. Estos sismos están dentro de la zona de ruptura del temblor de 1932, de hecho la réplica mayor de dicha zona está prácticamente en medio del área de estudio. Desde el punto de vista sismológico, esta actividad puede o no ser precursora de la ocurrencia de un temblor mayor. El temblor posiblemente no sea de gran magnitud ya que a su vez, la zona está entre dos áreas que ya rompieron, la del evento de 1975 ($M_s=7.5$) y la del de 1995 ($M_s=7.4$), sin embargo puede haber otra posible consecuencia. Existe la suposición de que la réplica mayor del temblor de 1932 ($M_s=7.6$) haya provocado un deslizamiento del material que deposita el río Armería ya que lo deposita frente a un cañón submarino. Este deslizamiento a su vez pudo haber disparado el Tsunami mas grande que tuvo Cuyutlán durante el siglo pasado. La literatura reporta también otro tsunami en la misma zona en noviembre de 1816. Será esta actividad precursora de un evento generador de tsunami?.

SIS-40 CARTEL

RIESGO (PELIGRO) SISMICO EN EL ISTMO DE TEHUANTEPEC

M. Chavez¹, H. Ramirez¹, R. Bautista¹, M. Rodriguez¹, M.E. Vazquez², M.A. Sanchez², G. Diego¹ y L. Lopez¹

¹ Instituto de Ingeniería, UNAM
Mexico, D.F.

² Instituto Mexicano del Petroleo
Mexico, D.F.

Se aplica un procedimiento para estimar el riesgo (peligro) sísmico en sitios localizados en el Istmo de Tehuantepec (IT). El procedimiento combina las técnicas de la estadística bayesiana y de las funciones de Green empíricas (Irikura, 1992, 10WCEE). La información utilizada incluye registros de eventos obtenidos durante la campaña de microsismicidad efectuada en el IT a fines de 1995 (Chávez et al., AGU FALL 2000). Como un ejemplo de la aplicación del procedimiento, se estimó el peligro sísmico para un sitio ubicado en la parte central del IT.

Las principales conclusiones del estudio son las siguientes: 1) Aparte de los sismos superficiales y de profundidad intermedia, asociados a la sismotectónica regional, en el IT ocurren sismos superficiales, relacionados con la actividad de fallas superficiales neotectónicas (principalmente normales y o de transcurrancia) o debidas a la reactivación de fallas del mesozoico; 2) El potencial sísmico de estas fallas se podría traducir en sismos con M_s de hasta 6.5, los cuales podrían generar aceleraciones máximas del orden de 200cm/s^2 , en sitios localizados en su vecindad; 3) La incorporación de información neotectónica en los estudios de peligro sísmico en el IT, impacta considerablemente su estimación, comparada con los resultados de estudios convencionales en los que solo se utiliza la sismicidad histórica; 4) De esto último se deriva la importancia de que en estudios de peligro sísmico futuros, se incluya de una manera explícita (como se propone en este trabajo) la contribución de la neotectónica de la región vecina al sitio de interés.

SIS-41 CARTEL

SISMICIDAD EN COLIMA DURANTE EL ÚLTIMO AÑO

Gabriel A. Reyes Dávila y Carlos A. Ramírez Vázquez
RESCO, CUEIV, Universidad de Colima

Durante el último año la sismicidad en la región del estado de Colima manifiesta un ligero incremento tanto en el número total de eventos registrados como en el número de eventos con magnitud local mayor que cuatro. Si bien la distribución general de la localización de eventos manifiesta el mismo patrón que años anteriores se observa una concentración de eventos principalmente en tres regiones alineadas prácticamente en dirección norte: mar adentro frente al poblado de Cuyutlán, en la región epicentral del evento del temblor del 6 de marzo del 2000 ($M_l = 5.3$) y en una zona cercana al poblado de Minatitlán. Se presenta en este trabajo una descripción general de la sismicidad así como una discusión de la misma.

SIS-42 CARTEL

SISMICIDAD EN EL VALLE DE MEXICALI DISPARADA POR EL SISMO DE HECTOR MINE

G. Diaz de Cossio, E. Glowacka, A. Vidal, F.A. Nava, V Wong, F. Farfan y M. Luna
Depto. de Sismología, CICESE

Las observaciones de sismicidad y deformaciones hechas en el Valle de Mexicali confirmaron que el sismo de Hector Mine (HM) ($M=7.1$, 16 de octubre 1999) localizado en California, a 250 kilómetros al norte del Valle de Mexicali, disparó en éste sismicidad y deformaciones superficiales.

Aparte de las redes sísmicas regionales y locales, desde junio 1999 se instaló una estación de banda ancha con registro continuo en el Ejido Saltillo. Esta estación registró sismicidad en periodos que abarcan 75 días en verano, 3 días antes del terremoto de HM, el terremoto de HM y dos semanas después de éste y 100 días del invierno 1999/2000. El análisis de los sismogramas permite concluir que se puede distinguir dos tipos de sismos: tectónicos y de tipo tremor volcánico. Los eventos tipo volcánico aparecen 10 minutos después del sismo principal. Los eventos tectónicos locales, demasiado chicos para poder ser localizados, aparecen 2 horas después del sismo principal. Los eventos tectónicos con magnitud M^3 2.5 localizados por la red regional RESNOM comienzan 33 horas después.

En este trabajo presentamos tres tipos de análisis de la sismicidad disparada por HM:

- Distribución espacio-temporal de los sismos con M^3 2.5 y su relación con el proceso de deformación disparado por el evento principal.
- Análisis estadístico de sismos tipo tremor volcánico y ruido.
- Análisis espectral de sismos tipo tectónico y volcánico

Reunión Anual 2001

Sesión

Usos de la Sismología para la Delimitación y Caracterización de Yacimientos

Viernes 9

SALA C

USOS-01

DESCRIPCIÓN DE PARÁMETROS DE FRACTURAS EN DATOS SÍSMICOS DE REFLEXIÓN

Jaime Ramos, Raúl Cabrera, Carlos Calderón y Alfonso González
Sismología Multicomponente, YNF, Instituto Mexicano del Petróleo

La caracterización de fracturas en yacimientos de hidrocarburos es un tema de creciente interés en la industria petrolera debido a su alto impacto económico. La determinación de la distribución, dirección, intensidad, y contenido de las fracturas en un yacimiento es de gran importancia en la optimización de la producción en campos existentes. En los años recientes, se han aplicado exitosamente metodologías para la caracterización de fracturas que utilizan el análisis de datos sísmicos de reflexión. En estas metodologías, para modelar la respuesta sísmica de un medio fracturado, los efectos sísmicos producidos por las fracturas que se suponen pequeñas comparadas con la longitudes de onda sísmicas, y con un alineamiento preferencial, son simulados por un medio homogéneo equivalente que produce el mismo comportamiento. Utilizando teorías de medios efectivos como la que supone fracturas en forma de moneda, estos efectos en la respuesta sísmica se observan en los tiempos de viaje y amplitudes de los modos de propagación elástica medidos en datos sísmicos multicomponente de reflexión: ondas P, ondas S directas y ondas convertidas. En el caso de las ondas S, el efecto es más evidente pues ocurre la separación de las ondas de corte en dos modos, uno viajando con una velocidad más rápida que el otro. Es así que a partir del análisis de estas marcas en la respuesta sísmica se pueden inferir parámetros de las fracturas como la orientación y la intensidad del fracturamiento. Sin embargo estas fallan si el parámetro que se requiere conocer es el contenido de fluido de las fracturas, ya que no son sensibles a este parámetro. En este trabajo, se estudia la respuesta sísmica de medios con distintas configuraciones de fracturamiento. Se discuten las principales ventajas y limitaciones de las diferentes teorías de medios efectivos, haciendo énfasis en los parámetros de fracturas que se pueden inferir a partir de datos sísmicos de reflexión.

USOS-02

ANÁLISIS AZIMUTAL DE AMPLITUDES EN MEDIOS FRACTURADOS A PARTIR DE DATOS SÍSMICOS DE REFLEXIÓN

Carlos Calderón, Jaime Ramos, Raúl Cabrera y Alfonso González
Sismología Multicomponente, YNF, Instituto Mexicano del Petróleo

En México, los yacimientos naturalmente fracturados son de gran interés económico en la producción de hidrocarburos. Una herramienta tecnológica importante para la detección y descripción de yacimientos fracturados es la sismología de reflexión. Por ejemplo, la amplitud de una onda P plana reflejada en una interfaz horizontal simple entre dos medios homogéneos e isotrópicos difiere si la misma onda incidente es reflejada de la misma interfaz pero uno de los dos medios presenta un comportamiento anisótropo. Tal es el caso de un medio homogéneo con fracturas verticales alineadas en una sola dirección el cual se representa como un medio efectivo

isótropo con un eje de simetría horizontal también conocido como medio ITH. En ambos casos, la amplitud de la onda reflejada depende del contraste de impedancia elástico entre los medios y del ángulo de incidencia de la onda P. Pero para el caso en que uno de los medios, o los dos, se encuentre fracturado, la amplitud también depende del ángulo entre el plano vertical de propagación de la onda P y la dirección de fracturamiento y de la intensidad del fracturamiento. El análisis azimutal de amplitud de la onda P en este caso, permite cuantificar estos parámetros si los datos sísmicos se registran en líneas fuente-receptor con una geometría azimutal.

Igualmente, las ondas S responden al propagarse en medios fracturados con una separación en dos componentes, una rápida y la otra lenta con polarizaciones paralela y perpendicular, respectivamente, a la dirección del fracturamiento. El retraso entre estas dos componentes y su polarización también dependen de la densidad o intensidad de las fracturas, y del ángulo entre la dirección de propagación y la dirección del fracturamiento. Este análisis es complementario al análisis de amplitudes anteriormente descrito que también se puede realizar a partir de ondas convertidas P-S, que es una onda incidente P y reflejada S.

Un primer paso en el estudio de identificación y descripción de medios fracturados es entender la propagación de ondas elásticas en medios con sistemas de fracturas simples, como medios ITH, y derivar técnicas de análisis para estimar los parámetros de dirección e intensidad de fracturamiento. En este trabajo, se estudia la reflexión de ondas elásticas en medios ITH, y se describe su aplicación práctica a datos reales.

USOS-03

ATRIBUTOS ESPECTRALES PARA EL ANÁLISIS DE ATENUACIÓN EN UN YACIMIENTO FRACTURADO

Luis Cuauhtémoc Ramírez Cruz
Instituto Mexicano del Petróleo
Instituto de Geofísica

Es bien conocido que las ondas sísmicas al propagarse a través de rocas saturadas con un fluido son más atenuadas que las ondas que pasan a través de rocas secas. Así mismo este comportamiento se presenta cuando la energía se propaga en un medio fracturado. Cambios en las características espectrales de la señal sísmica pueden estar asociadas a estos medios y constituyen una herramienta para caracterizar este comportamiento.

En este trabajo se presentan resultados preliminares de obtener una serie de atributos sísmicos espectrales para analizar un yacimiento fracturado. Entre los atributos obtenidos, se tienen la extracción de información de atenuación, contenido espectral y otros factores instantáneos. La importancia de estos atributos se basa en los cambios espectrales de los datos sísmicos que están relacionados con la presencia de fluidos (hidrocarburos). Por lo que el propósito de estos atributos es identificar los patrones espectrales asociados a zonas productoras, y usar este conocimiento para decidir la perforación de nuevos pozos en el área.

Los atributos espectrales son calculados en una ventana de la sección sísmica, arriba y abajo de la zona de estudio (posible yacimiento). Varias características espectrales pueden ser calculadas como son: frecuencia límite, frecuencia pico, cepstrum espectral, componentes principales del espectro, y factor de calidad. Una vez calculados los atributos espectrales, se puede obtener el espectro de

atenuación a través de la diferencia espectral. Las anomalías de atenuación encontradas pueden ser asociadas a la presencia de fluidos, fracturamiento o ambos.

El área de estudio corresponde a yacimientos de aceite en rocas fracturadas carbonatadas del cretácico. La finalidad de este trabajo fue definir las zonas de interés (alta densidad de fracturamiento y presencia de hidrocarburos) para delimitar el yacimiento y validar las localizaciones propuestas para arrancar un programa de reintervención de pozos con perforación horizontal.

USOS-04

BÚSQUEDA DE RELACIONES NO LINEALES ENTRE PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS ROCAS Y ATRIBUTOS SÍSMICOS

Alfonso González Ibarra¹ y Alvaro de Albornoz Bueno²

¹ IMP

² ITESM Campus Cd. de México

Uno de los temas de investigación en sismología aplicada es entender las relaciones que existen entre los propiedades físicas de las rocas y los atributos sísmicos. Estas relaciones han sido estudiadas con diversas herramientas, desde las que contemplan la existencia de relaciones lineales entre variables, tales como el ajuste tradicional de mínimos cuadrados o la regresión lineal múltiple. También se han usado las redes neuronales que es una herramienta tomada del campo de la Inteligencia Artificial, que permite la existencia de relaciones no lineales entre variables.

En esta ponencia se presenta la aplicación de otra herramienta del campo de la Inteligencia Artificial denominada Análisis de Reconstrucción (AR). El AR es capaz de realizar la identificación de subsistemas y hacer selección de variables de acuerdo al grado de correlación que existe entre ellas, mediante la aplicación de un mecanismo de razonamiento inductivo difuso.

El AR forma parte de una metodología desarrollada para el análisis de sistemas complejos para los cuales es difícil hacer una descripción cuantitativa satisfactoria. Esta metodología se denomina Razonamiento Cualitativo. La aplicación del AR al problema de relacionar las propiedades físicas de las rocas a los atributos sísmicos se justifica dado que las relaciones entre estas variables son en general complejas (no lineales). Sin embargo antes de poder aplicar el AR será necesario plantear el problema que se va a resolver en términos de la metodología que se usará. Esto implica tener que plantear el problema en función de un sistema con sus entradas y salidas.

USOS-05

DIFRACCIÓN DE ONDAS P Y S POR UNA INCLUSIÓN ESFÉRICA: UNA REVISIÓN DE LA SOLUCIÓN CANÓNICA

R. Ávila¹ y F.J. Sánchez-Sesma²

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

² Instituto de Ingeniería, UNAM

Se presenta un análisis de la difracción de ondas longitudinales y transversales por una inclusión esférica usando la solución canónica. Nuestro objetivo es revisar y estudiar la ya bien conocida teoría de la difracción resonante propuesta por Gaunard y Uberall a principios de los 80's. Esta teoría describe la propagación de una

onda elástica incidente sobre una inclusión esférica llena de fluido. La esfera se encuentra en un espacio elástico, homogéneo e infinito. La solución está basada en la superposición de amplitudes de los campos difractados producidos por la geometría y la presencia del fluido. Al analizar estas amplitudes por medio de coeficientes parciales de una expansión analítica, se puede observar que están constituidas básicamente por dos contribuciones que interfieren. La primera es una suave respuesta de fondo que corresponde a la difracción producida por una esfera vacía, y la segunda es la aparición periódica de un grupo de "picos espectrales" (líneas de banda estrecha) debidas a la presencia del fluido. En este trabajo se estudia como esos modos resonantes y sus anchos de banda solamente han sido calculados para el caso de incidencia P y que la solución con ondas incidentes SV y SH ha quedado sin resolver. A partir de nuestros resultados creemos que el uso de esta teoría como un patrón de identificación del contenido de fluido no se encuentra restringida al uso de ondas P. Los cálculos aquí presentados se tratan analíticamente. Se da un catálogo completo de funciones radiales en términos de funciones de Bessel y de Hankel esféricas para las expansiones de los campos incidente y difractado, respectivamente. En estos resultados se han corregido los errores tipográficos que aparecen en la literatura. Se consideran los casos en los cuales la esfera es (1) una cavidad, (2) una inclusión elástica o (3) una inclusión fluida. Se muestran espectros y sismogramas sintéticos para los tres componentes del movimiento y patrones de la amplitud de los desplazamientos difractados en función de la frecuencia y del espacio.

USOS-06

ELASTIC NETWORK MODEL FOR ROCK PHYSICS SIMULATIONS

Raúl del Valle-García

Instituto Mexicano del Petróleo

The construction of elastic networks models with microscopic heterogeneities enables simulating static and dynamic phenomena of a rock with different ensembles of pores, cracks and multiphase inclusions (clay, water, oil). The model considered is the triangular lattice Born Hamiltonian system with central and bond-bending forces, which represent a discretised version of the continuous dynamical displacement field used in statistical physics studies for such problems related to percolation and fractal theory. This model has several advantages over the continuum approximations (e.g. the elastic wave equation); namely, it provides an easy framework for the internal boundary conditions of the voids (pores and cracks) within the model. This is achieved by calculating the equations of motion (and consequently, the elastic energy) of the system using a molecular dynamics algorithm. Examples form wave propagation phenomena are shown by exciting the model by a pulse source or by simulating dynamic fracture propagation. The examples include: 1) Acoustic emission from hydro-fracturing, 2) the velocity-porosity relationship from zero to the "critical porosity" for dry rocks, and 3) wave attenuation due to multiple scattering. The results are compared with those obtained from laboratory experiments and effective media theories with different applied stress regimes, including stress induced anisotropy.

USOS-07

**UNION DE CUBOS SISMICOS OBC POST-
APILADOS DEL ACTIVO LITORAL DE LA REGION
MARINA SUROESTE PEP**

Jorge Díaz de León Chagolla
Centro Nacional de Procesado, PEP

En la búsqueda de nuevas regiones de Exploración en las costas del Golfo de México principalmente cerca de las zonas de transición, para poder correlacionar los datos sísmicos terrestres con los marinos, nace la necesidad de estar al día con la tecnológica para poder resolver, de la manera más eficiente, problemas geológicos-geofísicos. El proyecto Pemex-Cosaco 3D OBC, está localizado frente a las costas del estado de Tabasco en aguas con profundidades de 5 a 25 metros, el levantamiento se efectuó a lo largo de aproximadamente 60 km lineales de la costa desde el Puerto de Dos Bocas al oeste hasta el Puerto de Frontera al este. El estudio fue diseñado con la modalidad de SWATH siguiendo el contorno de la costa y está dividido en tres bloques. Se procesaron los tres bloques de manera independiente tratando de conciliar los mismo parámetros de procesamiento para los tres bloques hasta la etapa de apilado. Por requerimientos de Activo Litoral se hizo la petición de obtener dos bloques principales, uniendo el Bloque Oeste con el Bloque Centro y uniendo el Bloque Centro con el Bloque Este, ambos bloques unidos en apilado y migrados con sus respectivas velocidades ya unidas con anterioridad.

Reunión Anual 2001

Sesión

Vulcanología

Martes 6 — Miércoles 7

SALA B

VUL-01

VARIACIONES TEMPORALES EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA E ISOTÓPICA DE LOS FLUIDOS TERMALES DEL VOLCÁN CHICHÓN

D. Rouwet¹, Y. Taran¹ y N. Varley²¹ Instituto de Geofísica, UNAM² Universidad de Colima

Durante de las erupciones plinianas en marzo y abril de 1982 del volcán Chichón (Chiapas, México), se formó un cráter con un diámetro de ~ 1 km. El sistema volcano-hidrotermal se manifiesta dentro del cráter por un lago volcánico, campos fumarólicos, posos hirviendo (SP) y tierras calientes. El monitoreo geoquímico regular de los fluidos del Chichón es indispensable, porque puede predecir el crecimiento posible de un domo extrusivo, con explosiones freato-magmáticas.

Durante el periodo 1998-2001, se podría observar varios cambios. El lago volcánico creció significativamente de ~ 10⁵ m³ en abril 1998 hasta ~ 8 10⁵ m³ en enero 2001, que quedó estable hasta julio 2001. Simultáneamente, salinidades altas fueron observadas en 2001, que indica a la contribución de aguas muy salinas. El aumento de la concentración de Cl en el lago, como en los manantiales termales de Aguas Calientes (AC), ~ 1 km al SE del cráter, fue muy significativo en el año 2001. Comparada con los valores de concentraciones de 1998, la concentración de Cl aumentó de ~ 15 mg/l hasta 2900 mg/l en el lago, y de ~ 2300 mg/l hasta 3200 mg/l en el agua de los manantiales de AC. La temperatura del agua del lago permaneció menor que 35°C. Cálculos, por medio de ecuaciones de balance de masa, usando la composición química e isotópica de los fluidos, sugieren una relación directa del lago y AC con la única fuente de aguas termales: los posos hirviendo (SP).

El agua de los posos hirviendo (SP) tiene un valor de pH alrededor de 7, que es muy excepcional y exótico para fluidos dentro de un cráter después de erupciones. Este problema queda a resolver.

Este trabajo fue soportado por el proyecto DGAPA # IN114799.

VUL-02

CAMBIOS QUÍMICOS ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD RECIENTE (199-2001) DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

N. Cenicerós¹, E. Ramos², M.A. Armienta¹, O. Cruz¹ y A. Aguayo¹¹ Instituto de Geofísica, UNAM² Centro Nacional de Prevención de Desastres

La evaluación del riesgo volcánico es de gran importancia cuando miles de personas están expuestas a la actividad de un volcán. El Popocatepetl es un estrato volcán activo localizado cerca de tres importantes ciudades (México, D.F., Puebla y Cuernavaca) lo que lo hace de un riesgo potencial muy alto.

El Popocatepetl está formado por capas de material volcánico de diferente permeabilidad. Adicionalmente hay fallas y fracturas que permiten la precolación del agua y el transporte de gases. Los

acuíferos dentro y cerca del edificio volcánico pueden interactuar con estos gases volcánicos y modificar su composición química original resultante de las interacciones agua-roca.

El volcán Popocatepetl ha tenido un seguimiento sistemático en cuanto al estudio de su comportamiento. Los métodos de monitoreo aplicados en la observación de este volcán han estado basados en un detallado estudio de la dinámica de su actividad. En el caso del monitoreo geoquímico, datos sobre la composición y temperatura de los productos gaseosos emitidos, análisis de las cenizas y de los acuíferos cercanos al volcán, han generado información muy útil que relaciona las variaciones en la química de manantiales, pozos y lixiviados de cenizas con los cambios en la actividad del volcán.

El propósito de este trabajo es estudiar las variaciones químicas de las cenizas del Popocatepetl y de manantiales cercanos, durante el periodo Enero 1999 - Agosto 2001.

VUL-03

DEGASSING PROCESSES OF VOLCÁN DE COLIMA

Nick R. Varley, Yuri Taran and Juan Carlos Gavilanes

Facultad de Ciencias, Universidad de Colima

Instituto de Geofísica, UNAM

Studies of volcanic degassing can provide much information about the state of any intrusion of magma, or conduit, and can lead to the prediction of future eruptions. The gaseous output of a volcano is analysed using remote methods for detecting gas emissions from summit fumaroles, direct gas sampling, or measurement of the diffuse output within the edifice. Additionally, interactions can occur with aquifers and monitoring of the spring waters can provide indication of the degassing processes.

The current study is utilising all the above methods to better understand the Volcán de Colima. Prior to its most recent eruptive phase, a significant increase in emission of SO₂ was recorded in November 1998. Levels increased first to around 400 then to 1,600 tons/day prior to the eruption, with a further increase to over 16,000 tons/day after the eruption started, as large volumes of degassing magma entered the system. Isotopic analysis of water condensed from the summit fumaroles also showed an increasing magmatic content leading up to the eruption. These clear precursory signals show the value of geochemical surveillance.

Currently the diffuse degassing of CO₂ and Rn is being mapped. Concentrations of the gases have been measured at over 450 locations to date within a radius of 15 km of the volcano. The average concentration of CO₂ has shown a clear variation with meteorological conditions with a mean of 0.2% in the dry season and 0.6% in the wet. Anomalous concentrations have been measured at several locations, which are likely to indicate the position of faults. Results of Rn mapping shows interesting regional trends with areas of the lower slopes of the volcano showing evidence of much greater gas migration

One area of greater degassing has been discovered where CO₂ concentrations up to 16% accompanied by high concentrations of CH₄ up to 30% in the soil gas. The anomalous values follow a linear distribution, which most probably indicates the position of a fault. Here, and at several other locations, measurements are being carried out throughout the year to investigate the climatic influence.

Analyses are in progress to investigate any temporal correlation between these data and other geochemical and geophysical parameters.

VUL-04

ACTIVIDAD SÍSMICA DEL VOLCÁN DE COLIMA

Gabriel A. Reyes-Dávila, Francisco Nuñez Cornú y Carlos A. Ramírez Vázquez
RESCO, CUEIV, Universidad de Colima

El Volcán de Colima (19.51°N, 103.62°W) inició su actual proceso eruptivo en noviembre de 1997 con una intensa secuencia sísmica de doce días de duración. Otras secuencias sísmicas de menor duración se registraron en los meses de marzo, mayo, julio, octubre y noviembre de 1998. La última de las secuencias fue la de mayor duración e intensidad y previa al inicio de extrusión de lava en bloques que continuó hasta finales de diciembre de ese año. A partir de finales de enero de 1999 cambia el comportamiento eruptivo del volcán y empiezan a presentarse eventos de tipo explosivo, de los cuales los mayores se registraron en febrero, mayo y julio de dicho año. A partir de este mes el comportamiento general de la sismicidad manifiesta una tendencia a la baja hasta prácticamente regresar a su nivel base hacia finales del año 2000.

Durante el presente año la sismicidad asociada al volcán se ha mantenido en niveles bajos, con eventos de baja frecuencia usualmente asociados a degasificaciones y/o eventos de muy baja magnitud, pequeñas secuencias de eventos de baja amplitud y alta frecuencia y lahares provocados por las lluvias de la temporada. Durante un periodo de tres días en febrero se registró una secuencia sísmica de baja amplitud previa a la mayor explosión registrada en lo que va del presente año. Esta explosión, si bien comparable a las ocurridas durante 1999, no presentó niveles de sismicidad previa similares a los de dicho año. En este trabajo se presenta también un análisis comparativo de los niveles de sismicidad previa a las explosiones mayores y su posible uso con fines de pronóstico.

VUL-05

EVOLUCIÓN DE LA ATENUACIÓN DE LAS ONDAS SÍSMICAS DURANTE LA ETAPA PREVIA A LA ERUPCIÓN DE 1998 DEL VOLCÁN DE COLIMA

Tonatiuh Domínguez Reyes y Fabiola Flores Ceja
Centro Universitario de Investigación en Ciencias del Ambiente,
Facultad de Ciencias, Universidad de Colima

El pasado proceso eruptivo del volcán de Colima (noviembre 1998- enero 1999) se caracterizó por la ocurrencia de varios enjambres sísmicos. Durante el año previo a la erupción, la actividad sísmica se fué desarrollando y cambiando de tal forma que se han podido identificar parámetros que caracterizaron las diferentes etapas en la evolución de la actividad. En el presente trabajo se estudia el parámetro atenuación de las ondas sísmicas. La evolución temporal de dicho parámetro puede ser el reflejo de las características y cambios estructurales ocasionados por el proceso eruptivo. Mediante la medición del decaimiento de las ondas de coda encontramos que para las frecuencias entre 2 y 10 Hz, hubo un cambio en Q_0 de aproximadamente un 28% mas bajo hacia el final del período, así mismo, la dependencia de Q de la frecuencia tiende a ser menor para los eventos registrados durante noviembre de 1998 con respecto a los registrados durante noviembre de 1997 cuando se

inició la actividad. Estudios del mismo tipo que se han llevado a cabo en otros volcanes (Fehler, Roberts y Fairbanks, 1998) indican claramente que las erupciones volcánicas van también acompañadas de cambios en la atenuación de las ondas sísmicas atribuido al cambio de densidad de las microfracturas abiertas en las rocas por la presión que ejerce el empuje de magma hacia la superficie que es a su vez causante de la inflación del edificio volcánico.

VUL-06

LAS CARACTERÍSTICAS DE ENJAMBRES SÍSMICOS OCURRIDOS EN 1997-1998 ANTES DE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN DE COLIMA EN NOVIEMBRE DE 1998

V.M. Zobin¹, M. González Amescua¹, G.A. Reyes Dávila¹, T. Domínguez², J.C. Cerda Chacón¹ y J.M. Chávez Álvarez¹

¹ Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima
Av. Gonzalo de Sandoval #333, Col. Las Víboras, Colima, Col., 28052, México

E-mail: vzobin@cgcic.uco.mx

² Centro Universitario de Investigaciones en Ciencias del Ambiente, Universidad de Colima
Apdo. Postal #44, Colima, Col., 28000, México

Cinco enjambres sísmicos fueron registrados durante un año antes de la erupción de lava del Volcán de Colima en noviembre de 1998. Alrededor de 600 eventos de magnitud de -0.5 a 2.7 se localizan. Se presenta un análisis de las variaciones en distribución espacial y propiedades espectrales de los sismos.

VUL-07

ENJAMBRE SÍSMICO DEL 16 DE JUNIO DE 1999 EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL, DISPARADO POR UN PROCESO DE DIFUSIÓN RECTIFICADA

Pérez C. Nahúm y Valdés G. Carlos
CENAPRED

Los días 16 y 17 de junio de 1999 se presentó un enjambre sísmico (35 eventos volcanotectónicos) en el volcán Popocatepetl, justo 23 horas después del sismo de Tehuacán, de $M_w = 7.0$. En general, la actividad volcánica de ese día consistió en: un aumento considerable de la sismicidad, la mayoría de los sismos volcanotectónicos que se presentaron fueron de magnitud 2.5 y 3 y únicamente dos mayores a 3, se localizaron entre los 4 y 7 km de profundidad desde la cima; hubo una pequeña exhalación con ligera emanación de ceniza con dirección del oeste. También los niveles de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y dióxido de azufre (SO_2) aumentaron.

Durante el último periodo de actividad del volcán, la mayoría de los días se ha registrado un solo evento volcanotectónico (VT); en menor cantidad, se presentan dos eventos por día; y así, va disminuyendo el número de días en que se presentan una cantidad cada vez mayor de sismos VT. Sin embargo, para el día 16 de junio hay una ocurrencia de 35 sismos VT. La probabilidad de que ocurran 30 o más sismos volcanotectónicos se calcula en $<< 1 \times 10^{-17}$. Esto indica que el enjambre tuvo que ser provocado por algún factor externo.

Se empleó la teoría de la Difusión Rectificada para demostrar que dicho enjambre fue inducido por el sismo regional del 15 de junio de $M_w = 7.0$ generado 23 horas antes. Cuando pasa una onda

compresional a través de un sistema cerrado, éste puede aumentar su presión debido a que la onda puede bombear materiales volátiles dentro de una burbuja aumentando la presión. A este fenómeno se le llama difusión rectificada. Para explicar este proceso se analiza una burbuja dentro del cuerpo magmático, la cual debe estar libre de partículas de polvo y sobresaturada de gases volátiles. Cuando una onda sísmica pasa por el cuerpo magmático, éste se comprime y la burbuja se expande isotérmicamente disminuyendo la concentración de volátiles dentro de ésta, provocando la difusión de volátiles desde el magma hacia el interior de la burbuja. Al cambiar de fase la onda, el magma se expande; comprimiendo, así, a la burbuja y por consiguiente aumentando la concentración de volátiles en el interior y provocando una difusión hacia el exterior de la burbuja (difusión ordinaria).

Debido a las vibraciones, compiten la difusión rectificada y la ordinaria. Cuando la difusión supera un umbral que depende de la concentración de volátiles en el interior de la burbuja, la difusión rectificada se vuelve mayor que la ordinaria, aumentando la presión dentro de la burbuja y por lo tanto de todo el sistema magmático.

Si el volcán se encuentra a punto de hacer erupción, o en un estado en el que con un ligero cambio de presión dentro de éste pueda generarse una erupción, es posible que el proceso completo de la difusión rectificada haya aumentado el estado de esfuerzos dentro del volcán al punto de provocar la exhalación de gases, vapor de agua y cenizas.

Por lo anterior, existe evidencia suficiente como para afirmar que este proceso es posible, y con el análisis de los datos de este caso, se comprueba que el sismo del 15 de junio de 1999 provocó i) un enjambre sísmico en el volcán Popocatepetl, y ii) un aumento notable en la actividad volcánica, como emanación de CO₂, vapor de agua, cenizas, etc.

De haber sido más fuerte el sismo, no se hubiera producido una erupción de grandes magnitudes, pues el volcán no estaba en condiciones de que sucediera. El aumento de actividad sísmica y volcánica inducida por un sismo regional, únicamente funciona cuando el sismo VT o la erupción están a punto de suceder y el sismo regional sólo actúa como disparador.

VUL-08

PRECURSORES DE LA ACTIVIDAD ERUPTIVA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL EN DICIEMBRE DEL 2000

C. Valdés González^{1,2}, R. Quaas Weppen², S. De la Cruz Reyna¹, E. Guevara², A. Martínez² y G. Castelán²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² CENAPRED

El volcán Popocatepetl ha estado en actividad desde el 21 de Diciembre de 1994. Después de un período de relativa calma, desde el crecimiento de un domo (el más pequeño desde 1996), en febrero del año 2000, el Popocatepetl mostró síntomas de actividad a principios de Septiembre del 2000, lo que marcó el inicio de un nuevo episodio que produjo el domo de lava más grande, desde 1994. La principales características de esta nueva actividad, son las siguientes: Tremor armónico en la coda de las señales de exhalaciones; Sismos tectono-volcánicos, debajo del cráter, seguidos por exhalaciones con duraciones de hasta 30 minutos; Incremento en el tamaño de la fumarola de las exhalaciones;

Anomalías intensas de la radiación térmica en el cráter, observadas a través de imágenes del satélite GOES de la HIGP de la Universidad de Hawaii. La fecha del inicio de la extrusión de lava, probablemente ocurre en la segunda semana de septiembre del año 2000. Un vuelo sobre el cráter, el día 15 de septiembre, permite la confirmación visual de un pequeño domo, que crece lentamente en el fondo del cráter del volcán. Un marcado incremento en el nivel de actividad interna se detectó el 1° de noviembre del 2000, al presentarse un enjambre de sismos volcano-tectónicos, que comenzó con un sismo de magnitud 3.1, localizado en el sector SE del volcán. Más sismos con magnitudes en el rango de 2.2 a 3.0 continuaron el 3 de noviembre, causando un incremento en el nivel de alertamiento. Esta actividad interna, no fue reflejada por eventos externos excepcionales. Una actividad, más bien baja, continuó hasta el final de noviembre y la primera semana de diciembre. El 2 de diciembre, la actividad de exhalaciones se incrementó de nuevo, con una moderada, pero larga exhalación con una emisión de ceniza que duró cerca de 90 minutos. El 6 de diciembre, ocurrió un enjambre de 6 sismos volcano-tectónicos de baja magnitud (M~1.7-2.4), el cual fue seguido por otro enjambre similar de eventos el 8 y 9 de diciembre. Estos sismos fueron precedidos por un tremor armónico de gran amplitud y duración de 5 minutos, dicha amplitud fue la más grande observada hasta entonces, desde el inicio de la actividad del volcán en diciembre de 1994.

La actividad, de nuevo se incrementó el día 12 de diciembre del 2000, con un gran número de exhalaciones (hasta 200 por día), muchas de ellas con emisiones de ceniza que alcanzaban entre los 5 y 6 km de altura sobre el volcán. Por la noche era posible observar incandescencia en el cráter y la emisión de algunos fragmentos incandescentes. Una actividad similar, pero con exhalaciones de mayor duración, fue observada los días 13, 14 y 15, lo que produjo ligeras lluvias de ceniza en algunos poblados cercanos al volcán. Temprano, el día 15 de diciembre, se detectaron más episodios de tremor armónico de gran amplitud y baja frecuencia con duraciones de algunos minutos. Ese día, a las 14:04, el tremor armónico de baja frecuencia creció a una asombrosa continua señal, con amplitudes en el nivel de saturación de los instrumentos en todas las estaciones de monitoreo, incluyendo las más lejanas. Estas señales fueron tan fuertes que la gente de poblaciones a distancias de 12 a 14 Km las sintieron, además de que fueron registradas por la Red Sismológica a distancias de 150 Km del volcán. Este episodio de tremor armónico de baja frecuencia, duró, con ese nivel de intensidad, cerca de 10 horas. Estas señales fueron relacionadas con la extrusión de magma a una tasa muy alta. Una dramática caída en el nivel de actividad, ocurrió al comienzo de la mañana del 16 de diciembre. La cual fue seguida, 16 horas después, por una nueva señal de tremor armónico de baja frecuencia y con una amplitud creciente. De nuevo, esta señal alcanzó niveles de saturación en todas las estaciones de monitoreo sísmico, y duró cerca de 9.5 horas. Por primera vez, desde que se instalaron, los inclinómetros detectaron las señales de tremor. Los episodios de gran oscilación fueron contemporáneos con los episodios de tremor. La amplitud de las oscilaciones de los inclinómetros estuvieron en el rango de los 100 microradianes, con amplitudes pico a pico de 200 microradianes. Los episodios de tranquilidad y de tremor armónico de baja frecuencia y gran amplitud, aparecieron de manera en que podían ser interpretados con un modelo de carga y descarga (modelo de tiempo predictivo de Shimazaki y Nagata, 1980). De esta forma, el inicio del siguiente episodio importante de actividad (que fue el último, como se encontró después), del día 18 de diciembre, fue pronosticado con un día de anticipación.

VUL-09

DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DE COLIMA EN 1997-2000: RESUMEN

V.M. Zobin¹, J.F. Luhr², Y.A. Taran³, M. Bretón¹, A. Cortés¹, S. De la Cruz³, T. Domínguez⁴, J.C. Gavilanes¹, I. Galindo⁴, J.J. Muñiz⁵, C. Navarro¹, J.J. Ramírez¹, G.A. Reyes¹, M. Ursúa⁶, J. Velasco⁶, E. Alatorre¹, H. Santiago¹

¹ Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima
Av. Gonzalo de Sandoval #333, Col. Las Víboras, Colima, Col., 28052, México

E-mail: vzobin@cgc.ucol.mx

² Department of Mineral Sciences, NHB-119, Smithsonian Institution

Washington D.C. 20560, U.S.A

³ Instituto de Geofísica, UNAM
Coyoacán, México D.F., 04510, México

⁴ Centro Universitario de Investigaciones en Ciencias del Ambiente, Universidad de Colima

Apdo. Postal #44, Colima, Col., 28000, México

⁵ Coordinación General de Investigación Científica, Universidad de Colima

Avenida Universidad #333, Colima, Col., 28040, México

⁶ Consejo Estatal de Protección Civil de Colima
Colima, Col., 28010, México

La actividad del Volcán de Colima en 1997-2000 se desarrolló en tres etapas: (1) una etapa preliminar (noviembre de 1997-noviembre de 1998), la etapa de la erupción de lava (noviembre de 1998-febrero de 1999) y una etapa de la actividad explosiva (febrero de 1999 a la fecha). Se presenta el resumen de los resultados de monitoreo sísmico, deformación, satélites, y COSPEC para cada etapa de la actividad volcánica en conjunto con los resultados preliminares del estudio de productos de la erupción. Todos los datos constituyen un volumen especial de la revista *Journal of Volcanology and Geothermal Research* "Volcán de Colima, México, and its Activity in 1997-2000".

VUL-10

THE EXPLOSIVE ACTIVITY OF VOLCÁN DE COLIMA 1999-2001

Nick Varley and Juan Carlos Gavilanes
Facultad de Ciencias, Universidad de Colima

The most recent active phase of Volcán de Colima started in 1998 with summit dome growth then lava flows once the dome had filled the summit crater. Explosive activity started in 1999, during which there were 4 large explosions. The most recent large explosion was in February 2001. In March 2001 the new summit crater formed from these explosions was measured using GPS. This revealed a size greater than has existed since the early 1960s. The outer crater had a maximum diameter of 261 m and a minimum of 230 m. The maximum depth was estimated at 40 m and the minimum 15 m, giving a volume of approximately 1,400,000 m³. The authors also discovered a second crater located inside the northern sector of the outer crater, assumed to be formed by the February 22nd 2001 explosion. The diameter of the inner crater was estimated to be 127 m, its depth 15 m, and its volume 190,000 m³.

On May 26th 2001, another ascent was made to the crater, and a new lava dome was discovered. Its estimated dimensions were a diameter of 115 m at its base and 57 m at the top. Its height was estimated to be 30 m, giving a volume of 150,000 m³. It is likely that the growth started, or at least accelerated, on May 8th as indicated by other parameters (GVN Bulletin 26:05 2001). This gives a minimum growth rate of 0.096 m³ s⁻¹.

The distribution of ballistics and impact craters that were ejected during these explosions has been studied. The blasts have each been directed towards the NE of the volcano, which also was the case in the 1994 eruption. This suggests a non-vertical orientation of the conduit. The size distribution of ballistics and their associated impact craters has revealed some interesting relationships. More than 400 craters have been measured with a maximum diameter of 10.2 m. Their distribution has been mapped around the volcano and further calculations are in progress to estimate the energy release of these explosions.

VUL-11

MONITOREO TÉRMICO SATELITAL DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL (DICIEMBRE DE 2000)

Juan José Gómez Palacios y Servando De la Cruz-Reyna
Instituto de Geofísica, UNAM
CENAPRED

El 12 de diciembre del 2000 el Popocatepetl inició una etapa de actividad mayor con una explosión que generó una columna de ceniza de 5 a 6 kilómetros de altitud sobre el nivel del cráter. Esta actividad generó un gran número de anomalías térmicas. Patrones similares se presentaron los días 13 al 15 de Diciembre. Todos estos eventos produjeron caídas o lluvias de ceniza en el entorno del volcán. Las imágenes de satélite proporcionaron la dirección de dispersión de la nube de ceniza y las posibles comunidades afectadas. A partir del día 15 de Diciembre del 2000, se detectó una etapa de tremor armónico de alta amplitud y baja frecuencia. El día 16, después de un estado de quietud se presentó nuevamente el tremor armónico. Durante estos días la presencia de anomalías térmicas aún era constante pero, con una tendencia a disminuir. En esta etapa, un domo de lava creció de una manera muy rápida (~180 - 200 m³ /s) en el interior del cráter del volcán. Las anomalías del día 17 bajaron drásticamente y para el día 18, cuando de nuevo se registró un aumento de anomalías similar al 12 de Diciembre. A las 19:13 del día 18 de diciembre, ocurrieron explosiones moderadas que arrojaron fragmentos incandescentes en las laderas del volcán y los niveles de radianza fueron elevados. Con las imágenes de satélite se observó la dispersión de la pluma. El seguimiento de las anomalías durante estos periodos permitieron mostrar que varios días o semanas antes de un evento importante, la cantidad de anomalías registradas era mayor a lo normal y que uno o dos días antes, las anomalías tendían a disminuir, efecto posiblemente relacionado con el enfriamiento del domo o a la reducción de las emisiones de gases magmáticos. Al ocurrir esto, el aporte de material estaría generando presión bajo el domo hasta manifestarse con explosiones.

VUL-12

MONITOREO DE LA DEFORMACIÓN EN TIEMPO REAL MEDIANTE LA RED DE INCLINÓMETROS ELECTRÓNICOS EN EL VOLCAN DE FUEGO DE COLIMA

Juan Jose Ramirez Ruiz y Eliseo Alatorre Chavez
Observatorio Volcanologico, Universidad De Colima

La medicion de la deformación en un volcan activo es uno de los principales parámetros de monitoreo que manifiestan los cambios de actividad. En el Volcan de Fuego de Colima la deformación muestra una buena correlacion con los cambios ocurridos durante la crisis de 1997-2001. Desde febrero de 1999 se inicio la instalación de una red de tres inclinómetros electrónicos sobre el edificio volcánico para el monitoreo de la deformación en tiempo real. Estos sistemas de medicion iniciaron sus registros durante la fase exhalativa de la crisis que inicio en 1997. Un sistema de telemetria envia los registros al Observatorio Volcanologico localizado a 30 kilometros de distancia de la cima del volcan. La adquisicion de los registros se realiza con el programa BOB desarrollado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos de America (USGS). Los primeros dos años de registro muestran interesantes correlaciones con los cambios de actividad durante este periodo. El resurgimiento asismico de nuevo material magmatico sobre el domo en mayo de 2001 puede apreciarse mediante estos registros cuasicontínuos. Estos sistemas de medicion seran mas importantes en actividades mayores como las que presenta historicamente el Volcan de Fuego de Colima.

VUL-13

INTEGRACIÓN DE UN SIG SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL RIESGO VOLCÁNICO CASO VOLCÁN DE FUEGO DE COLIMA

José Armando Téllez Alatorre
Observatorio Vulcanologico, Univesidad de Colima

Los Sistemas de Información Geográfica SIG son usados comúnmente en gran número de proyectos sobre análisis de datos geográficos. Sin embargo las potencialidades de un SIG en la presentación, análisis y almacenamiento de datos geológicos han sido exploradas muy recientemente. Entre los mejores aspectos de usar un SIG esta la posibilidad de desarrollar cartografía temática, cambios topologicos y estudios estadísticos, y su gran ventaja poder hacer los cambios necesarios en el momento adecuado.

El estudio del riesgo volcánico exige dividir cada uno de los episodios volcánicos en elementos muy sencillos que se evalúan independientemente; cada uno de estos elementos constituye un riesgo volcánico, debiéndose definir para cada uno de ellos su magnitud, duración, alcance y tiempo de propagación estos elementos son: Lahares, Flujos Piroclasticos y Caída de ceniza.

Estos datos van a entrar como capa en el SIG Sistema de Información Geográfica a fin de poder establecer los mapas de peligros volcánicos para cada uno de los riesgos y sus implicaciones.

Por esta razón es importante contar con toda la tecnología posible para conocer su comportamiento, poder actuar de manera mas eficientemente, conocer con que infraestructura contamos hospitales, albergues, posibles rutas de evacuación y así poder disminuir la perdida de vidas humanas.

Los últimos avances en la evaluación del riesgo volcánico integrando los conocimientos geológicos y geofísicos con la integración en un sistema de información geográfica de la zona del volcán de Colima donde se especifiquen los principales riegos volcánicos en cartografía que pueda ser modificada dependiendo de la actividad y no ser información estática (mapas en papel) sino dinámica (mapas digitales).

Se va crear una base de datos importantes como lo es el mapa de riegos del volcán de Colima como lo son sus principales peligros lahares, flujos piroclasticos, caída de ceniza.

Esto va permitir estar preparados en cuanto a los sistemas de protección civil, estos mapas nos ayudan a ver de una forma más clara de donde van estar los daños más graves dependiendo del tipo de evento que se esta llevando a cabo.

VUL-14

ELABORACIÓN DE MAPAS POR CAÍDA DE PRODUCTOS BALÍSTICOS EN LOS VOLCANES POPOCATÉPETL Y FUEGO DE COLIMA

Alatorre Ibargüengoitia Miguel Angel¹ y Delgado Granados Hugo²

¹ Facultad de Ciencias, UNAM

² Instituto de Geofísica, UNAM

Los fragmentos balísticos producidos por explosiones volcánicas representan un peligro importante por las elevadas temperaturas y altas velocidades que alcanzan al ser expulsados del cráter. Para que la población pueda protegerse adecuadamente es necesario establecer rangos de seguridad acordes al alcance esperado de los proyectiles. En general este rango de seguridad puede establecerse mediante un modelo dinámico del movimiento de los productos balísticos considerando las fuerzas que actúan en ellos (la gravedad y la fuerza de arrastre) que determinan la trayectoria de estos productos a partir de condiciones iniciales específicas.

Debido a que el alcance de los proyectiles depende de la magnitud de la explosión volcánica que les da origen, es necesario determinar las zonas de seguridad para diferentes escenarios explosivos. Con el fin de parametrizar realistamente estos escenarios se utilizan las energías cinéticas de lanzamiento de los balísticos calculadas a partir de muestreos en el campo de eventos explosivos históricos. De esta forma es posible definir escenarios de peligrosidad alta, intermedia y baja.

Para cada escenario se determinan las condiciones de máximo alcance de los balísticos: el ángulo óptimo de lanzamiento y el tamaño específico con el cual se minimiza el arrastre. Utilizando estas condiciones se resuelven numéricamente las ecuaciones de movimiento de los fragmentos balísticos de acuerdo al modelo dinámico y se determina el rango máximo para cada uno de los escenarios explosivos.

En este trabajo se presentan gráficamente los resultados obtenidos en mapas por caída de productos balísticos de los dos volcanes activos más importantes de México: el Popocatepetl y Fuego de Colima, en donde se consideran además de los factores mencionados anteriormente, la topografía específica de cada volcán. Cabe mencionar que el alcance máximo de los balísticos depende de la altura a la que son lanzados, ya que el arrastre que sufren los balísticos es proporcional a la densidad del aire, por lo que el rango de seguridad es diferente para cada volcán.

Finalmente, se hacen algunas consideraciones sobre el peligro que los productos balísticos representan para la aeronavegación en zonas cercanas a cada uno de los volcanes mencionados anteriormente durante posibles eventos explosivos.

VUL-15

MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGO EN PROVINCIAS VOLCÁNICAS

Rodolfo Diaz Castellon
UNICIT, UNAM

Para la elaboración de un mapa de riesgo volcánico, siempre es necesario, además de contar con un geología bastante detallada, un mapa de relieve topográfico para poder identificar áreas de mayor susceptibilidad de deslizamiento.

El presente trabajo, utiliza mapas digitales generados con ayuda de las elevaciones publicadas por el INEGI contenidas en los archivos de GEMA (Geomodelos de Altimetría). En esta se cuenta con coordenadas x, y, z a cada 3 segundos de arco y las cuales son lo suficientemente densas para poder elaborar un modelo digital.

Con ayuda del mapa digital se trazan secciones las cuales han sido previamente identificadas en campo y en cartas topográficas de INEGI, a las cuales es posible agregar parámetros físicos tales como Granulometría, Edafología, Geología, Hidrología etc.

Cuando se integran datos estadísticos de poblaciones, o zonas agrícolas, es posible estimar el impacto de cualquier tipo de evento, desde aquellos que se generan de manera localizada, hasta eventos catastróficos con fuerte impacto social.

VUL-16

AEROMAGNETOMETRIA EN LOS COMPLEJOS VOLCÁNICOS ACTIVOS DE MEXICO. COLIMA Y POPOCATEPETL

Héctor López-Loera¹, Jaime Urrutia-Fucugauchi¹ e Israel Hernández-Pérez²

¹ Lab. de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear

² C.R.M.

Se presentan los resultados del análisis e interpretación del procesamiento de los datos de los vuelos aeromagnéticos realizados en los complejos volcánicos de Colima y Popocatepetl.

Se muestran las diferencias entre las configuraciones normales de campo magnético total (CMT) y las configuraciones de CMT con modelo digital del terreno.

Se exhibe como las configuraciones de las anomalías aeromagnéticas revelan la distribución y alcance de los materiales volcánicos generados por los volcanes de Colima y Popocatepetl, así como su asociación con las estructuras geológicas de estos edificios volcánicos.

VUL-17

ACTIVIDAD VOLCÁNICA RECIENTE EN EL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA: INTERPRETACIÓN DE PERFILES SÍSMICOS DE REFLEXIÓN MULTICANAL Y ANÁLISIS DE ROCAS

Arturo Martín-Barajas¹, Patricia Persaud², Antonio González¹, Joann M. Stock² y Mike Steckler³

¹ Depto. de Geología, CICESE, Ensenada

² Caltech, Pasadena, California

³ LDEO, Columbia University, New York

La porción norte del Golfo de California representa una zona de transición a lo largo del límite de placas Pacífico-Norteamérica que separa una parte del rift con carácter oceánico al sur, de la región norte con características continentales. La actividad volcánica en las cuencas del norte del golfo está en gran parte enmascarada por la intensa sedimentación terrígena asociada principalmente a los aportes del Río Colorado. En 1999 se colectaron perfiles sísmicos de alta resolución a bordo del B/O Francisco de Ulloa, con los cuales se obtuvieron imágenes que permiten interpretar la ubicación y la morfología de los depósitos volcánicos e intrusivos que se intercalan y cortan, respectivamente, a los depósitos sedimentarios más jóvenes (<1 segundo tiempo doble). La actividad volcánica reciente se ubica principalmente en cuenca Delfín Inferior y en la proyección hacia el norte de la zona de fractura del Canal de Ballenas en el borde del margen peninsular. En esta última se ubicó un alineamiento NNW de montes submarinos al oriente del volcán de Isla San Luis, cuya última erupción ocurrió hace <3000 años (Hausback *et al.*, 2000). Basados en las relaciones de contacto entre las rocas volcánicas y los sedimentos, la actividad a lo largo del margen peninsular está principalmente representada por estructuras volcánicas que intrusionan a la secuencia sedimentaria. Tres de las estructuras más grandes corresponden a volcanes con productos diferenciados que incluyen material pumicítico, incluyendo Isla San Luis y un monte submarino situado en la porción sur de Cuenca Delfín Superior (c.f. Henyey y Bischoff, 1973). En cuenca Delfín Inferior los perfiles muestran cuerpos intrusivos asociados a fallas con desplazamiento normal y oblicuo y depósitos volcánicos interestratificados con los sedimentos, sin aparente relación con un cono volcánico. En los perfiles que cruzan las cuencas Wagner y Consag el carácter sísmico de los sedimentos hasta una profundidad de 1s (tiempo doble) no indica la presencia de rocas volcánicas. Esta falta de actividad volcánica somera posiblemente es debida a las mayores tasas de acumulación de sedimentos o a la falta de actividad volcánica reciente en esa cuenca.

Los primeros resultados sugieren que el margen peninsular está afectada por magmatismo diferenciado posiblemente por asimilación de una corteza continental adelgazada por la extensión. En Cuenca Delfín Inferior y en el extremo norte de la falla transforme de Ballenas las rocas volcánicas están mejor expuestas en los perfiles sísmicos y atraviesan y se intercalan con paquetes más delgados de sedimentos que sobreyacen a una corteza de baja velocidad (<5 km/s) a <4 km de profundidad. Aunque aún se

desconoce su composición, estas rocas volcánicas posiblemente corresponden a lavas e intrusivos menos diferenciados. Recientemente se obtuvieron algunas muestras de roca con un nucleador de gravedad, y sus características petrológicas y geoquímicas se presentarán durante el congreso.

Referencias:

Hausback, B. y otros, 2000, Isla San Luis Volcano, Baja California, México – Timing of volcanic activity. EOS Transactions of the American Geophysical Union, v. 81, no. 48, p. F1359, 2000.

Heney, T.L. and Bischoff, J.L., 1973, Tectonic elements of the northern part of the Gulf of California: Geological Society of America Bulletin, v. 87, p. 315-330f.

VUL-18

RESUMEN DE LA ACTIVIDAD ERUPTIVA DEL VOLCÁN DE FUEGO DE COLIMA, MÉXICO (1519-2001). ESTUDIO DE VULCANISMO HISTÓRICO

Mauricio Bretón González
Observatorio Vulcanológico

El volcán de fuego de Colima (103°37'W, 19°30'45"N) tiene una historia de actividad constante que está documentada en los últimos 5 siglos y se caracteriza por diferentes procesos eruptivos en los que se ha puesto de manifiesto el potencial destructivo de uno de los volcanes más activos de México.

Se presenta un estudio sobre la reconstrucción de la actividad histórica del volcán de fuego de Colima desde las primeras expediciones españolas en el s. XVI hasta nuestros días, haciendo hincapié en los procesos eruptivos de carácter pliniano o subpliniano, como ocurrió en 1818 y 1913, que son ejemplo del tipo de erupción más violento que ha presentado el volcán en los últimos siglos (Luhr y Carmichael, 1990; De la Cruz, 1993)

El estudio es el resultado de recopilación en archivos y bibliotecas nacionales y extranjeros utilizando documentación histórica de primera mano, los catálogos más antiguos, los estudios monográficos más completos; Dollfus y Montserrat (1869), Bárcena (1887), Arreola (1903), Díaz (1906), Waitz (1932), Mooser (1963) así como los estudios más recientes, Medina (1983), Luhr y Carmichael (1990) y De la Cruz (1993) con la finalidad de completar el gran vacío que existe en la reconstrucción de la actividad histórica del volcán de Fuego, abriendo además la posibilidad para que los vulcanólogos puedan estudiar los procesos eruptivos de este volcán.

No debemos olvidar que en un radio de 40 km del volcán, en los estados de Colima y Jalisco, existe un número aproximado de 390 000 habitantes que podrían estar expuestos a los peligros volcánicos que se conoce se han presentado en los últimos siglos como son: el derrame de flujos piroclásticos, explosiones freáticas, lluvia de pómez y ceniza, lahares, y flujos de lava.

El conocimiento de la actividad histórica de este volcán, nos permitirá conocer la fenomenología con la que se producen las erupciones, intentando completar así los mapas de peligrosidad y riesgo existentes.

VUL-19

LA PÓMEZ BLANCA INTERMEDIA: DEPÓSITO PRODUCIDO POR UNA ERUPCIÓN PLINIANA-SUBPLINIANA DEL VOLCÁN NEVADO DE TOLUCA HACE 12,100 AÑOS

Karina E. Cervantes de la Cruz y José Luis Macías Vázquez
Instituto de Geofísica, UNAM

Durante el Pleistoceno tardío el Volcán Nevado de Toluca presentó una erupción de tipo pliniano-subpliniano, que dio origen al depósito denominado en este trabajo "Pómez Blanca Intermedia" (PBI). La presencia de leños carbonizados abundantes permitió fechar la erupción en aproximadamente 12,100 años A.P. La PBI está compuesta por fragmentos de pómez blanca, pómez bandeada con franjas de color gris, líticos grises densos y líticos accidentales alterados. La pómez es de composición dacítica (~65 wt % en SiO₂) y contiene abundantes (~10-20%) fenocristales de plagioclasa, hornblenda, ortopiroxeno y clinopiroxeno, biotita, magnetita y vidrio de composición riolítica (72.8 wt % en SiO₂). Análisis químicos de roca total de elementos mayores y trazas en muestras de pómez tomadas de una sección vertical de la PBI indican que antes del evento eruptivo existía una cámara magmática de composición dacítica, porciones de este magma fueron removidos durante el transcurso de la erupción. Las características texturales de los minerales como coronas de reacción, bordes y golfos de reabsorción, sugieren que antes del evento eruptivo tuvo lugar un recalentamiento del magma. La dispersión general del depósito de la PBI es hacia el E y E-SE, y cubre un área aproximada de 92 km², con un volumen mínimo estimado de 1.4 km³ DRE. Observaciones de campo, sedimentológicas, morfológicas y de vesicularidad indican que este evento fue generado en cinco fases eruptivas: La primera fase de origen magmático, generó una columna pliniana de 20 km de altura que se dispersó hacia SE 65°. La segunda fase generó una oleada piroclástica húmeda seguida de una columna subpliniana de 15-19 km de altura que se dispersó en dirección SE 62°. Posteriormente se emplazó una oleada seca. La última fase fue la más compleja ya que generó otra columna que dio origen a dos depósitos de caída interrumpidos por una oleada piroclástica. Esta fase finalizó con el colapso de la columna, que dio origen a un flujo piroclástico cuyos depósitos se han encontrado a una distancia lineal de 19 km a partir de la cima del volcán.

VUL-20

CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS Y MORFOSCÓPICAS DE LOS DEPÓSITOS DE OLEADA PIROCLÁSTICAS PRODUCIDOS DURANTE LA ERUPCIÓN DE 1982 DEL VOLCÁN CHICHÓN

Teresa Scolamacchia R. y José Luis Macías V.
Instituto de Geofísica, UNAM

Los depósitos de oleadas piroclásticas S1, S2, U.I. y S3, producidos durante la fase más violenta de la erupción del Volcán Chichón el 4 de Abril de 1982, fueron estudiados en varios sectores alrededor del volcán, hasta distancias variables entre 4 y 8 km.

Las observaciones estratigráficas efectuadas indican que los flujos responsables de la depositación de S1 alcanzaron distancias mayores con respecto a los límites determinados en trabajos previos (Sigurdsson *et al.*, 1987; Macías *et al.*, 1997).

Los análisis granulométricos de diferentes niveles de los depósitos S1, S3 y Unidad Intermedia (U.I; Macías *et al.*, 1997), revelan similitudes que podrían relacionarse con un mismo mecanismo de fragmentación del magma.

Las observaciones al microscopio óptico y de barrido (M.E.B., indican la presencia de estructuras tales como “hydration cracks”, “hydration skin”, “moss like shapes” y “blocky” sugiriendo un origen debido a mecanismos de fragmentación hidromagmática.

VUL-21

LOS PIROCLASTOS Y VOLCANICLASTOS LOS ALAMITOS, UNA DESCRIPCIÓN ALTERNA, CERRO LA VIRGEN, ZACATECAS

Escalona-Alcázar, F.J.¹⁻², Nájera-Garza, J.², Pérez-Román, A.M.³ y Nava-De la Riva, J.C.⁴⁻⁵

¹ Depto. de Ordenamiento Ecológico, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas, GODEZAC

² Unidad Académica de Minas, Metalurgia y Geología, UAZ

³ Consejo Estatal de Seguridad Pública, GODEZAC

⁴ Depto. de Impacto y Riesgo Ambiental, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas, GODEZAC

⁵ Universidad Autónoma de Durango, Campus Zacatecas

La secuencia volcánica del Cerro La Virgen ha sido pobremente descrita y definida, lo que ha llevado a la confusión en la delimitación y descripción de las diferentes unidades litológicas que la componen. Tal es el caso de los informalmente denominados Piroclastos y Volcaniclastos los Alamitos, también nombrados como Riolita los Alamitos. Las descripciones que otros autores han hecho la dividen en tres unidades, la inferior compuesta de una brecha de lapilli, la intermedia como un depósito de lahar y la superior como depósitos epiclásticos; sin embargo, en otra descripción se indica como un derrame riolítico con bandeamiento angular.

En el presente trabajo se hace una descripción de las unidades volcánicas que afloran en los sitios en donde otros autores ubican a los Piroclastos y Volcaniclastos los Alamitos, cuya descripción y delimitación no corresponden fielmente con las aquí presentadas por lo que se propone una redefinición que permita tener mayor claridad.

Los Piroclastos y Volcaniclastos los Alamitos solamente afloran en el extremo noroccidental del Cerro La Virgen. De la base a la cima están compuestos por un flujo piroclástico rico en fragmentos líticos y escasa pómez, que está cubierto por una toba que presenta escasa pómez alargada. La cual, a su vez, está sobreyacida por un depósito piroclástico rico en líticos y pómez, que subyace a un derrame riolítico que muestra líneas de flujo. La parte superior de la secuencia está formada por un flujo piroclástico brechado en donde fragmentos del derrame fueron incorporados al flujo. Debido a la pobre descripción que otros autores han hecho de la unidad, es posible que, o bien esta secuencia corresponda a la parte inferior de los Alamitos o sea la secuencia completa. Debido a las características litológicas observadas en el resto de la secuencia volcánica, en este trabajo se propone que esta unidad sea denominada Piroclastos y Volcaniclastos los Alamitos, cuyos afloramientos se restringirían al extremo noroccidental del Cerro La Virgen.

Los Piroclastos y Volcaniclastos los Alamitos están subyacidos por una secuencia volcánica formada por intercalaciones de tobas pumicíticas ligeramente oxidadas, tobas soldadas, tobas líticas, dos derrames riolíticos bandeados y un vitrófidos de perlita. Esta unidad aún no tiene un nombre debido a que el trabajo de campo está en proceso y no se han encontrado el contacto con la unidad litológica que los cubre, presumiblemente la informalmente definida Formación La Virgen.

VUL-22

MIGRACION HACIA EL SUR DEL VULCANISMO EN EL CAMPO VOLCANICO MICHOACAN-GUANAJUATO?

J. Rosas-Elguera¹, M. Lopez-Martinez², G. Carrasco-Nuñez³

¹ Universidad de Guadalajara

² CICESE

³ Instituto de Geología, UNAM

El Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG), localizado en el sector central de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM), está formado por mas de 1,000 volcanes monogenéticos y 400 volcanes de tamaño medio que cubren un área de 40,000 km² (Hasenaka y Carmichael, 1985).

Desde el punto de vista de su distribución, la definición del CVMG incluye volcanes profundamente erosionados, probablemente del Mioceno Tardío-Plioceno Temprano. Basándose en las edades isotópicas reportadas para el CVMG, se ha propuesto una migración hacia el sur del vulcanismo que podría ser ocasionados por un cambio en la tectónica de la región. Las edades y estratigrafía indican una actividad volcánica menor a los 40,000 años.

La migración hacia el sur del vulcanismo en le CVMG es aparente y claramente un efecto de la densidad en el muestreo. En efecto, en nuestro trabajo de campo preliminar recolectamos dos muestras ubicadas en la parte sur del CVMG, estas muestras constituyen el “basamento” de esta región. Ambas muestras, cubiertas por las avalanchas y lahares del volcán Tancitaro, fueron datadas por K-Ar en el Laboratotrio de Geocronometria del CICESE. La mas antigua, una andesita basáltica, dio una edad de 13.8 Ma (que es idéntica a otra reportada por el Instituto Mexicano del Petróleo -datos no publicados- para esta área); en tanto que la mas joven, andesita, dio una edad de 2.44 Ma. Ambas edades son similares a las reportadas para la parte norte del CVMG.

De acuerdo con estos resultados radiométricos es posible cuestionar la migración hacia el sur del vulcanismo en el CVMG o, en su defecto habría que acotar su definición. También, de manera preliminar, estos resultados sugieren que esta área ha sido volcánica y tectónicamente activa desde el Mioceno Tardío.

Referencias:

Hasenaka, T. and I.S.E. Carmichael, 1985. A compilation of location, size and geomorphological parameters of volcanoes of the Michoacan-Guanajuato volcanic field, Central Mexico. Geofís. Int., vol. 24-4, 577-607.

VUL-23

LA CUENCA MIOCENA DE LEÓN-SAN JUAN DE LOS LAGOS-TEOCALTICHE. UN AMPLIO PALEO-LAGO EN EL SECTOR CENTRO-OCCIDENTAL DEL CINTURÓN VOLCÁNICO MEXICANO

Aguirre-Díaz, Gerardo y Carranza-Castañeda, Oscar

¹ UNICIT, Campus Juriquilla, Instituto de Geología, UNAM

E-mail: ger@servidor.unam.mx

En la región de Los Altos de Jalisco, entre la ciudad de León (Gto.) y San Juan de Los Lagos (Jal.), es posible observar una secuencia vulcano-sedimentaria con gran espesor (espesores variables mayores a 50 m), dominada por sedimentos de relleno de cuenca, que incluyen sedimentos fluvio-lacustres y lacustres de grano fino. Intercalados con estos depósitos de origen sedimentario se observan depósitos de origen volcánico, principalmente piroclásticos (ignimbritas y depósitos de ceniza y lapilli), aunque también se observan lavas de composición intermedia a máfica. Los sedimentos lacustres son blancos o amarillo claro, con tamaños de grano de arcilla a arena, en capas delgadas a laminadas. Sus características indican ambientes de lago profundo, y no se encontraron fósiles. Este tipo de depósitos tienden a ubicarse hacia las partes internas de la cuenca. Es común encontrar nódulos de calcedonia o bandas delgadas de sílice depositado por precipitación. Los depósitos fluvio-lacustres son de grano más grueso e incluyen arenas, limos y gravas, generalmente en estratificación delgada a media (0.1 a 0.5 m). Es común observar estratificación cruzada, sobre todo en los depósitos de arena. Estos depósitos contienen fósiles de vertebrados. Se identificaron aves, roedores y un équido de *Astrohippus stockii* en depósitos de arena cerca de Teocaltiche, y considerado fósil índice del Henfiliano, posiblemente tardío (ca. 5 Ma). Este tipo de depósitos indica un ambiente de playa de lago, por lo que se infiere corresponden a márgenes de la cuenca.

Las rocas volcánicas intercaladas en esta secuencia están en proceso de fechamiento. Generalmente las rocas ácidas piroclásticas se intercalan con los depósitos lacustres. Tal es el caso de los depósitos de lapilli de pómez cercanos a San Juan de Los Lagos, los cuales están coronados por un amplio domo de composición intermedia. Ignimbritas silíceas con una amplia distribución se intercalan con los depósitos de lago. Esto se observa en el sector León-San Miguel El Alto, al sur de la cuenca. El margen occidental de la cuenca está marcada por una serie de fallas normales con rumbo general NE, cuyos bloques levantados formaron la Sierra de Nochistlán y que corresponde a la prolongación hacia el sur del hombro occidental del graben de Aguascalientes. En este borde los sedimentos lacustres y fluvio-lacustres están intercalados con lavas máficas e intermedias derivadas de varios volcanes escudo, posiblemente del mioceno medio, alineados a lo largo de este sistema de fallas. En algunos sitios se observan lavas almoadilladas indicando que algunos derrames fueron contemporáneos al paleo-lago. En otros, los derrames sobreyacen a depósitos lacustres y fluvio-lacustres. Fallas normales son observadas también en el margen suroriental de la cuenca, cerca de San Francisco del Rincón. Mediciones en algunas de éstas indican azimuts entre 205° y 280° y echados semiverticales hacia el NW, que se pueden asociar con el sector sur del graben de Lagos de Moreno. Por lo anterior, la cuenca de León-San Juan de Los Lagos-Teocaltiche se desarrolló posiblemente en el Mioceno medio, con evidencia de que continuaba recibiendo aporte sedimentario hace aproximadamente 5 Ma (Henfiliano). Aparentemente su origen se debe al fallamiento

normal NE asociado con la formación de los grabens de Aguascalientes y de Lagos de Moreno, combinado con el emplazamiento de varios volcanes escudo a lo largo del margen noroccidental de la cuenca.

VUL-24

GEOLOGÍA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO SAN MIGUEL, AL SW DE LA CUENCA DE MÉXICO

Romero Terán E.¹, H. Delgado Granados¹, R. Lange² y C.M. Hall²¹ Instituto de Geofísica, UNAM² Dept. of Geological Sciences, University of Michigan

El Complejo Volcánico San Miguel (CVSM), al SW de la Ciudad de México, está en la porción sur de la sierra de Las Cruces. Se formó hace más de 2.5 Ma en la fosa vulcano-tectónica Las Lomas (orientada NE-SW) y representa la transición durante el Plioceno Tardío al presente de volcanismo poligenético de construcción de grandes estratovolcanes a un período de volcanismo monogenético que da origen a pequeños volcanes, ubicados en el borde sur de la Cuenca de México. El volcanismo del CVSM se caracteriza por la construcción de domos de lavas intermedias y flujos piroclásticos de bloques y cenizas. La fase efusiva del CVSM comprende varios domos de lava. Primero un conjunto de domos pliocénicos de la Formación Tépec (± 2.5 Ma) y domos de la Formación Totolin (2.0 Ma) alineados al NE. Entre los dos eventos se nota la disminución en el contenido de plagioclasa. Estas unidades fueron afectadas por la falla Contreras (N55°E). Posteriormente, se emplazó la Formación Tenámitl, que consiste en domos de lava (± 1.8 Ma), seguidos por los domos de la Formación Mixtli (1.5 Ma) y la Formación Xomulli (<1.3 Ma). Durante el Pleistoceno se emplazaron los domos de la Formación Acolli (<1.0 Ma), la Formación Acatzingo (<0.5 Ma) y finalmente la Formación Tlan. Las lavas de del CVSM son de composición andesítica y dacítica con variaciones en el contenido de sílice y minerales hidratados como hornblenda y biotita. Al final de la evolución del CVSM sus productos se tornaron más máficos, incluyendo flujos de basaltos y andesitas basálticas que fueron extruídos a través de fracturas en las partes bajas del CVSM, con una distribución hacia la parte NW y SE del volcán. Durante el Pleistoceno medio el CVSM fue ocupado por glaciares que erosionaron al volcán generando morfologías características. Recientemente, la morfología de la zona ha sido modificada por el hombre al extender la mancha urbana hacia sus inmediaciones.

VUL-25

EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DE LA CALDERA DE HUICHAPAN, HIDALGO, EN BASE A NUEVAS EDADES ⁴⁰AR-³⁹AR

Aguirre-Díaz, Gerardo¹ y López-Martínez, Margarita²¹ UNICIT, Campus Juriquilla, Instituto de Geología, UNAM

E-mail: ger@servidor.unam.mx

² División de Ciencias de la Tierra, CICESE

La caldera de Huichapan se ubica a 110 km al N-NW de la ciudad de México. Es una estructura elevada, con 10 km de diámetro y una forma de herradura semi-rectangular abierta hacia el SW. Dos grandes secuencias ignimbriticas se asocian a esta caldera, la Toba Donguinyó, definida originalmente por Segerstrom en 1961, y la Toba Huichapan, definida por Aguirre-Díaz en 1993. Esta

última denominación incluye a la ignimbrita San Francisco definida por Herrera y Milán en 1981. La primera secuencia, la Toba Donguinyó, consiste en una serie de ignimbritas con un alto grado de soldamiento, que forman un paquete del tipo agradado, con unidades de flujo sucesivas desde 0.5 m a 6 m de espesor cada una. Las ignimbritas son gris o café oscuro y contienen abundante fiamme negro. En general son ricas en contenido de cristales (hasta un 40 vol. %), que incluye plagioclasa, ortopiroxeno, clinopiroxeno y óxidos de Fe-Ti. La edad ^{40}Ar - ^{39}Ar más representativa para esta unidad es de 5.0 ± 0.3 Ma, obtenida en base a una combinación de isocronas de análisis en vidrio y plagioclasa. La Toba Donguinyó puede interpretarse como una fase explosiva emitida por una proto-caldera previa a la caldera que emitió la Toba Huichapan. Después del emplazamiento de la Toba Donguinyó, varios derrames de lava andesítica se derramaron a través de la fisura semi-circular de la caldera asociada a la Toba Donguinyó. Estos derrames andesíticos no tuvieron la viscosidad suficiente para construir domos a lo largo del anillo, sino más bien edificaron volcanes de tipo escudo y conos de escoria. Las lavas presentan lajeamiento delgado, vesículas grandes y alargadas en sus cimas, y estructuras en rampa. Las texturas observadas varían desde afaníticas a porfídicas, con fenocristales de plagioclasa, ortopiroxeno, clinopiroxeno, olivino idingsitizado, y óxidos de Fe-Ti. Se obtuvo una edad ^{40}Ar - ^{39}Ar de 4.6 ± 0.3 Ma en un separado de matriz. Posterior a esta fase efusiva, tuvieron lugar una serie de erupciones explosivas que formaron la Toba Huichapan, que culminó con la ignimbrita Huichapan. Esta secuencia incluye decenas de eventos explosivos que dieron lugar a depósitos de lapilli de pómez de caída, surges, ignimbritas sin soldar menores, y la ignimbrita mayor de Huichapan. Esta última, cubre una gran extensión, llegando hasta 60 km al oeste de su fuente y con espesores de 60 m (mínimo) en sus facies proximales. Por lo que fue un gran evento en esta región y también un horizonte índice estratigráfico. La edad ^{40}Ar - ^{39}Ar para esta unidad es de 4.0 ± 0.2 Ma, obtenida de una isocrona combinada de dos experimentos en un separado de sanidino. Una serie de domos de composición intermedia, y que forman un alineamiento EN en el borde sureste de la caldera representan aparentemente parte del anillo asociado a la emisión de la Toba Huichapan (no se fecharon). Para finalizar el ciclo, se emplazaron cinco domos intra-caldera de composición dacítica. El más sobresaliente es el domo Hualtepec, la estructura más elevada de la caldera (3,040 m), con una edad ^{40}Ar - ^{39}Ar de 4.2 ± 0.3 Ma, obtenida por una combinación de isocronas de dos experimentos en un separado de matriz. Esta edad es más antigua que la obtenida para la ignimbrita Huichapan, pero el error de ambos resultados permiten colocar al domo Hualtepec posterior a la ignimbrita Huichapan, como lo indica la estratigrafía.

VUL-26

EL COMPLEJO VOLCÁNICO MIOCÉNICO DE LA SIERRA AGUA DE SODA EN BAHÍA LAS ÁNIMAS, BAJA CALIFORNIA CENTRAL

Delgado Argote, Luis A. y Frías Camacho, Víctor M.
 Depto. de Geología, CICESE
 E-mail: ldelgado@cicese.mx

Morfológicamente, la Sierra Agua de Soda es un complejo volcánico de 20 x 9 km y alturas máximas de 1150 m orientado NNW, formado por pequeños volcanes agrupados y volcanes compuestos (compound volcanoes). Este complejo contrasta con las estructuras volcánicas discretas del interior de la cuenca de Bahía

Las Ánimas y margen oriental de la Sierra Las Ánimas. Regionalmente, otros complejos comparables se localizarían en la Isla Ángel de la Guarda.

Las estructuras volcánicas circulares más grandes al interior del complejo son menores de 2 km de diámetro y las más chicas pueden ser de decenas de metros. Las pequeñas son principalmente domos y pueden presentarse anidadas en las grandes o formar agrupamientos. Los rasgos estructurales más prominentes en el occidente y centro de la sierra corresponden a fallas, principalmente normales, que buzcan hacia la cuenca de Bahía Las Ánimas. Tanto las fallas cartografiadas en el interior de la parte central y en la costa norte de la sierra, como los lineamientos interpretados de imágenes de satélite, muestran una orientación preferente NNW, como las cuencas regionales.

Litológicamente la sierra está formada por andesita de dos px y de hbl, dacita de hbl y de hbl-biotita, tobas líticas y cristalinas de composición dacítica, depósitos laháricos y horizontes de grauvacas, en ese orden de abundancia y de edad aparente. El basamento no está expuesto, pero los xenolitos de tonalita son abundantes en los derrames andesíticos que, aparentemente, forman la unidad más antigua. Los derrames son típicamente porfíricos y, aunque pueden ser de decenas de metros de espesor, no son extensos y cambian a facies de derrames autobrechados. Los derrames de dacita se interestratifican con los de andesita y con unidades piroclásticas. En la parte central de la sierra, el conjunto está cortado por potentes diques alimentadores de derrames de andesita que crean sistemas de alteración hidrotermal que desarrollan amplias zonas con abundante yeso en vetas con arreglo en stockwork. La intensa alteración favorece la característica erosión profunda de los edificios volcánicos.

Con base en la edad de una estructura cómica de dacita localizada cerca de la margen occidental de la sierra, se infiere que el complejo volcánico es del Mioceno medio. La orientación de lineamientos estructurales y la abundancia de potentes diques alimentadores orientados NNW, sugiere que el desarrollo del complejo volcánico fue favorecido por fallamiento y fracturamiento regional paralelo a la sierra, a lo largo del cual se emplazaron cuerpos de magma similares a los documentados en la vecina cuenca de Bahía de los Ángeles.

VUL-27

DIQUES PIROCLASTICOS ASOCIADOS AL MIEMBRO INFERIOR DE LA IGNIMBRITA PANALILLO DEL CAMPO VOLCANICO DE SAN LUIS POTOSI

Torres Hernández, J.R.¹, Labarthe Hernández, G.¹, Mata Segura, J.L.¹, Gómez Anguiano M.¹, Siebe Grabauch, C.², Macías Vazquez, J.L.² y Espindola Castro, J.M.²

¹ Instituto de Geología, UASLP

² Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: jrtorres@uaslp.mx

El Campo Volcánico de San Luis Potosí (CVSLP), se ubica en las inmediaciones de la ciudad del mismo nombre. En trabajos anteriores realizados por investigadores del Instituto de Geología de la UASLP, se había documentado la presencia de diques piroclásticos que cortaban parte de las rocas volcánicas, y su posición paralela a las fallas regionales que cortan y basculan a la

secuencia volcánica terciaria del CVSLP. Aquí se reportan las características de los diques del Arroyo El Juachín y del Arroyo las Cabras.

En El Arroyo El Juachín los diques están constituidos por ceniza volcánica félsica de granulometría del tamaño de arena fina a gruesa, en donde el material más fino está pegado a las paredes de los diques, y la parte más gruesa está en el centro de los mismos. Los diques tienen una inclinación cercana a la vertical y su anchura es variable; su espesor varía desde 3 a 5 centímetros a máximo 60 centímetros. El material consiste de vitroclastos o esquirlas de vidrio, formadas por la fragmentación del material juvenil durante la erupción y de cristales fragmentados de cuarzo, sanidino y biotita. También contiene fragmentos de pómez blanca casi afírica de forma sub-redondeada de 1 a 3 milímetros de tamaño, y fragmentos de riolita (de igual tamaño) de color café rojizo por oxidación. El acomodo de material es de forma tabular y paralela a las paredes del conducto. En El Arroyo Las Cabras se presentan como enjambre de diques de espesor variable, siendo el espesor máximo del dique principal de 80 centímetros, y los diques paralelos a éste progresivamente van disminuyendo en espesor, hasta ser de unos tres centímetros. De cualquier manera su anchura es variable. Lateralmente se ensanchan, se estrechan, se ramifican o se estrangulan, siguiendo una trayectoria sinuosa, y forman en algunos casos sistemas anastomados. Son paralelos a las fallas regionales que cortan al CVSLP cuya trayectoria también es sinuosa. La disposición del material es también estratificada y paralela a las paredes del conducto. El material fino corresponde a ceniza volcánica de las mismas características citadas en el arroyo del Juachín. El material grueso corresponde a clásticos de pómez de color gris claro a blanco sub-redondeados, y líticos accidentales de tobas de la misma secuencia emitida por los diques, líticos de la riolita San Miguelito y de la Ignimbrita Cantera; que son las unidades subyacentes. El tamaño de la pómez es en general inferior a 5 centímetros (raramente 7 centímetros), en tanto que los líticos accidentales en general tienen unos pocos milímetros a centímetros, aunque en uno de los diques se observó un lítico de 12 centímetros en su mayor dimensión. En algunas partes el relleno del dique es de solo pómez y ceniza (sin líticos accidentales). En estos casos el material con mejor empaque está en las paredes del dique, y en la parte central está menos empacado. También puede presentarse en el centro del dique, el material piroclástico bien piroconsolidado y/o cementado por sílice amorfo. En el primer caso se observan estructuras de desvitrificación (esferulitas de diversos tamaños).

La presencia de diques piroclásticos asociados a fallas y su relación con el material estratificado en las zonas aquí mencionadas, resuelve uno de los enigmas de las fuentes de material piroclástico en el CVSLP para una de las unidades de la secuencia volcánica; el miembro inferior de la Ignimbrita Panalillo. En ambas áreas mencionadas, la relación genética de los diques piroclásticos con las fallas normales presentes en el campo volcánico, asocia el vulcanismo piroclástico al fallamiento normal que ocurrió en región durante el Oligoceno medio.

VUL-28

PRELIMINARY HYPOTHESIS ON THE OCCURRENCE OF BIMODAL VOLCANISM OF THE WESTERN TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT

Luca Ferrari¹, Chiara M. Petrone², Andrea Rossotti¹, Margarita López Martínez³

¹ UNICIT, Instituto de Geología, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

² Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Firenze, Italy

³ Depto. de Geología, CICESE, Ensenada, Baja California

⁴ Dipartimento di Física, Università degli Studi di Milano, Italy

Although the western Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) is known for its Quaternary stratovolcanoes that have usually erupted lavas of intermediate composition, most of the volcanism emplaced is actually bimodal (rhyolites/basalts). We present a 1:50,000 scale geologic mapping coupled with 14 new fission tracks and Ar/Ar ages that allow to reconstruct the evolution of this volcanism. We further speculate on the significance of the unusual occurrence of rhyolitic volcanism in this part of the TMVB.

Mafic volcanism was absolutely dominant between 11 and 8 Ma, when a total of 2,000 km³ of basalts were emplaced in the Tepic and Guadalajara areas. The oldest rhyolitic complexes were emplaced between 7.5 and 5 Ma along a belt in the rear part of the arc between Santa Maria del Oro, Nay., and Guadalajara. Their aggregate volume is estimated in about 925 km³ and they practically represent the only lavas emplaced in the western TMVB during this period (the Colima rift excluded). Geologic data and geodynamic reconstructions indicate that the Rivera plate started to rollback between 8.5 and 5 Ma, when the Rivera-North America relative motion decreased to very low values. Our working hypothesis is that rhyolites emplaced in this period are crustal melts resulting from a thermal anomaly induced by the removal of the flat and cold slab.

Since 5 Ma rhyolites and basalts coexisted, the former representing about 25 % of the total volume of volcanism. In the Guadalajara-Tequila region basalts are usually associated with Pliocene-WNW-ESE trending normal faults and their eruption mostly coincide with the beginning of two extensional pulses along these faults. Rhyolites were emplaced more continuously and appear not directly related to extensional faulting. It is interesting to note that the beginning of bimodal volcanism is marked by the eruption of an ignimbrite with evidence of mixing between mafic and silicic magmas. This suggests that the arrival of mafic magma in the upper crust during the early Pliocene extensional phase triggered these pyroclastic eruptions. Geochemical studies are in progress and will be used to better constrain these hypotheses.

VUL-29 CARTEL

39AR-40AR CONSTRAINTS ON THE ERUPTIVE HISTORY OF THE TEQUILA VOLCANIC FIELD, JALISCO, MEXICO

C.B. Lewis Kenedi, R.A. Lange, C.M. Hall and H. Delgado-Granados
University of Michigan

Twenty high precision ^{39}Ar - ^{40}Ar dates and whole-rock chemical analyses from the Tequila Volcanic Field reveal that rhyolite, calc-alkaline dacite and andesite, and alkali basalt have erupted concurrently in this area since at least 500 ka. The Tequila Volcanic Field covers an area of 1400 km² and includes the andesitic stratocone, Volcán Tequila, and associated cinder cones and lava flows. The construction of the main edifice of Volcán Tequila has been constrained by dating the youngest rhyolitic flows on which the central volcano was built, 0.46 ± 0.02 (two sigma error) Ma (Harris, 1986) and dating Cerro Pélón, on the southern flank of the main edifice, 0.37 ± 0.02 (one sigma error) Ma. The main edifice of the volcano has an elliptical shape along a NW-SE trending axis; cinder cones are concentrated northeast and southwest of the central volcano and aligned along NW trending lineaments. Most of the cinder cones to the south and west of Volcán Tequila are of andesitic and dacitic composition (SiO₂ 56-67 wt.%). The range of ages of these cones and flows is 0.34 to 0.46 Ma, for example: Cerro Colorado, 0.36 ± 0.01 Ma; Caldera de los Lobos, 0.46 ± 0.03 Ma; Cerro La Machaca, 0.34 ± 0.03 Ma; and a cone near El Molino, 0.40 ± 0.02 Ma. Cinder cones north and east of Volcán Tequila are primarily alkali basalts and basaltic andesites (SiO₂ 49-55 wt.%). The range of ages, 0.26 to 0.66 Ma, is concurrent with cones on the south side. Examples of northeastern cinder cones include: a cone near La Laguna, 0.66 ± 0.04 Ma; Cerro El Tezontle, 0.26 ± 0.01 Ma; and a cone near Huitzizilapan, 0.33 ± 0.03 Ma. In addition, a small andesitic stratovolcano on the southeast flanks of Volcán Tequila, Cerro Tomasillo, was dated at 0.071 ± 0.019 Ma, and a flow on Tequila's northwest flanks has an age of 0.087 ± 0.012 Ma. These results suggest that the most recent volcanic activity (less than 100 kyrs) was focused along the northwest and southeast flanks of Volcán Tequila. Another finding is a small airfall deposit that has not been described previously and which is located along the new toll road from Guadalajara to Tepic (Cuota 15). The deposit consists of hornblende-bearing andesitic pumice and has an age of 0.42 ± 0.15 Ma, within the range of ages given for the construction of the main edifice. Although Volcán Tequila has not had a large caldera-forming eruption, this pumice deposit, as well as small ash layers near the summit of the mountain, reveals a bimodal (effusive and explosive) eruptive nature not considered until now.

VUL-30 CARTEL

ANALYSIS OF EDM DEFORMATION OF THE 1997-2001 UNREST OF THE COLIMA VOLCANO

Juan Jose Ramirez Ruiz and Hydyn Santiago Jimenez
Universidad de Colima

The 1997-2000 activity at Colima Volcano began in November 1997 with a series of seismic swarms and deformation of the summit lava dome. This activity reached a climax on 20 November 1998 with the extrusion of lava, accompanied by pyroclastic flows. Since the major explosion on 10 February 1999, explosive activity has

continued up to the time of publication (August 2001). Summit deformation was detected by electronic distance measurement (EDM) surveys using a DI3000S single-frequency distancemeter mounted on a Wild T2 theodolite. Slope distance measurements were carried out from three base stations utilizing nine fixed reflectors grouped on the volcano edifice at three different altitudes (3250, 3450, 3850 m). After the destruction of two summit reflectors in July 1998 we continued the EDM surveys, primarily using five reflectors remaining on the north flank of the volcano. Slope distance measurements taken from November 1997 to July 1998 show a maximum cumulative distance change of 0.5 cm/day on the summit reflectors that is interpreted to result from inflation of the volcanic edifice in response to magma movement towards the surface. EDM variations recorded in August 1998 and February 1999 from reflectors on the north flank of the volcano suggest further inflation before extrusion of lava on 20 November 1998. Subsequent deflation was observed after effusion ceased in February 1999. Inflation was measured 5 days before the 10 February explosion. Stability tendency continued up after this period to the time of publication.

VUL-31 CARTEL

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS LAHARES DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL OCURRIDOS DE ENERO DE 1999 A OCTUBRE DEL 2000

Beatriz Oropeza, H. Delgado. R. Quaas, G. Castelán y A. Montalvo

Depto. de Vulcanología, Instituto de Geofísica, UNAM
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, Deleg. Coyoacán, 04510,
México, D.F.

La actividad eruptiva actual del volcán Popocatepetl ha producido diversos fenómenos. Uno de ellos es la generación de lahares -flujos de material volcánico y agua-, que han drenado los cauces ubicados en la sección norte-noreste del volcán.

Los estudios realizados, apoyados en los datos generados por una red de detectores acústicos de flujo (AFM) instalados por el CENAPRED y el USGS y observaciones recabadas por un puesto militar, han permitido determinar algunas características físicas de estos flujos ocurridos en el periodo enero de 1999 a octubre del 2000.

Los parámetros determinados son: magnitud, velocidad, flujo acústico y descarga volumétrica. También se relacionó la ocurrencia de estos eventos con las épocas del año.

Los resultados permiten establecer un panorama del nivel de riesgo asociado a lahares en las condiciones eruptivas actuales del volcán.

VUL-32 CARTEL

CARTA GEOTERMICA DE BAJA CALIFORNIA, MEXICO

Héctor Lira Herrera

Depto. de Geología y Geofísica, Residencia General de Cerro Prieto, Comisión Federal de Electricidad

México ocupa el tercer lugar en el mundo en la producción de energía eléctrica usando energía geotérmica, con una capacidad instalada de 855 MW. Baja California se ubica en el extremo Noroeste de México y cuenta con el campo geotérmico de Cerro Prieto que produce 720 MW, esto representa más del 60% de la producción en el estado. Estudios exploratorios han permitido definir cuatro zonas de interés geotérmico, en las cuales se agrupan las manifestaciones y pozos termales conocidos en el estado, y el campo geotérmico de Cerro Prieto.

El campo geotérmico de Cerro Prieto es el mayor de los cuatro campos mexicanos en explotación comercial, se localiza 30 kilómetros al sureste de Mexicali, en la planicie aluvial del valle del mismo nombre. El campo comprende una superficie de alrededor de 18 kilómetros cuadrados, cuenta con cuatro plantas geotermoelectricas, 131 pozos productores y 10 pozos inyectores.

A través de esta carta geotérmica se pretende dar a conocer la información geotérmica básica que se tiene sobre el estado, indicando en una tabla la ubicación de pozos y manifestaciones termales así como su temperatura y características químicas. La base cartográfica usada es el mapa estatal turístico de INEGI escala 1:1,000 000.

VUL-33 CARTEL

ESTUDIOS DE DEFORMACIÓN EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL 1999-2001

Gomez Vázquez Angel¹, Errastí-Orozco Ulises², Juárez Guerrero Jesus², Huerta M.¹ y De la Cruz Reyna Servando³

1 Centro Nacional de Prevención de Desastres

Av. Delfín Madrigal, No. 665, Deleg. Coyoacán, 04360

E-mail: gvazquez@cenapred.unam.mx

² Facultad de Ingeniería, UNAM

³ Instituto de Geofísica, UNAM

El volcán Popocatepetl es un estrato-volcán andesítico-dacítico localizado en el Eje Neovolcánico Mexicano con coordenadas (19.02°N y 98.62°W) y una elevación de 5426 en su labio superior. De este volcán existen reportes de testigos de actividad recurrente en los últimos 500 años, con modalidades eruptivas diversas como son: explosiones, períodos fumarólicos importantes, emisiones de ceniza considerables, formación y destrucción de domos en el interior del cráter, etc. La presente actividad que inicia en diciembre de 1994 y continúa hasta nuestros días ha presentado características similares a los eventos eruptivos históricos del volcán. Desde 1992, el Instituto de Geofísica instaló una línea base de referencia para la medición de deformaciones de corteza en la zona norte del volcán Popocatepetl. De 1996 a el año 2001 la red geodésica para medir deformaciones ha sido ampliada, de tal manera que se cuenta con: una estación remota en el sector oeste y cinco vértices para prisma (dos de ellos destruidos por proyectiles arrojados en explosiones de diciembre de 1998). En el flanco sur dos estaciones remotas y cuatro vértices para prisma (dos destruidos por impactos en enero

de 1999). En el lado sureste se realizan sistemáticamente mediciones sobre dos inclinómetros secos, una línea de nivelación de primer orden de 2.5 km de longitud, una red conformada por tres estaciones remotas y adicionalmente se realizan lecturas hacia una vértice para prisma colocado en el sector este del volcán. Todos los vértices para prisma se localizan en las partes altas del edificio volcánico, siendo la cota mínima a la que se encuentran localizados de 4100 msnm. Adicionalmente, se diseñó un sistema automatizado para medir deformaciones del volcán con distanciometría electrónica. Desde noviembre de 1999, se instaló un sistema prototipo que realiza mediciones automáticas entre un distanciómetro colocado en la estación Tlamacas y un vértice para prisma colocado en el lugar conocido como Canario. En esta primera etapa, el dispositivo se encontraba fijo. El distanciómetro que se emplea es un Sokkia Modelo Red 2L con precisión de 3ppm $\pm$ 3 mm. Los datos son recibidos y procesados en el Cenapred y se transmiten en tiempo real. Para las otras redes, se emplea un distanciómetro Leica DI3000S con precisión de 3mm $\pm$ 1ppm. Las mediciones verticales se realizan con un Nivel Geodésico de primer orden Leica N-3 y dos miras invar de 3m. La actividad del volcán entre noviembre de 1999 y septiembre de 2000 consistió de exhalaciones moderadas y emanaciones constantes de vapor de agua. En febrero de 2000, se detectó la formación de un nuevo domo de dimensiones pequeñas (50 m de longitud y 11m de altura) y no se detectaron deformaciones de magnitud importante asociadas a esta formación. Deformaciones de 1.4 cm se relacionaron con la formación de otro pequeño domo en septiembre de 2000. La presencia de este cuerpo fue confirmada en un sobrevuelo el día 15 del mismo mes. En diciembre de 2000 la actividad tuvo un repunte. Tremores saturados y procesos de degasificación importantes, al igual que una deformación no reversible de 2 cm se observó en el flanco norte del volcán. Los parámetros anteriores fueron asociados con la formación de un nuevo domo que alcanzó un volumen aproximado de 18 millones de m³. El 20 de enero de año 2001, se observó una deformación de 2 cm de corta duración, de manera conjunta con actividad sísmica precedió a la explosión ocurrida el día 22 de enero de 2001. Este evento ha sido la explosión más intensa ocurrida en el volcán desde el 30 de junio de 1997.

Este trabajo ha sido financiado por CONACYT a través del proyecto (T-254913).

VUL-34 CARTEL

FORMACIÓN Y CRECIMIENTO DE DOMOS DE LAVA EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Romero Márquez H.¹, Gómez Vázquez Á.¹, De la Cruz-Reyna S.²

¹ CENAPRED

² Instituto de Geofísica, UNAM

El volcán Popocatepetl es un estratovolcán con una altura de 5452 m snm y uno de los volcanes activos de México. Se ubica en las coordenadas 19.02°N y 98.62°W. Desde diciembre de 1994 y hasta la fecha, el volcán Popocatepetl ha permanecido en actividad continua. En este período a tenido diferentes episodios de formación y destrucción del domo. Este proceso ya ha ocurrido varias veces en este volcán en tiempos históricos. El presente trabajo contempla el periodo de marzo del 2000 a abril de 2001.

El 8 de enero de 2000, las fotografías aéreas del volcán mostraban una subsidencia en el domo de noviembre de 1999. En el siguiente vuelo, realizado el 16 de marzo, se observó el crecimiento de un pequeño domo de 50 m de diámetro y 11m de altura. En los siguientes meses no hubo cambios importantes. El mes de noviembre se caracterizó por el incremento en la sismicidad; se registraron 17 microsismos volcanotectónicos. El 10 de diciembre se registró un episodio aislado de tremor armónico de baja frecuencia con un pico de 5 cm de amplitud en su parte más intensa y una duración total de 4 minutos. Para el 14 de diciembre de ese mismo año la frecuencia de las exhalaciones aumentó hasta que las señales sísmicas se hicieron continuas sobre periodos largos. Asimismo, episodios de tremor armónico de gran amplitud indicaban un posible ascenso de material magmático. En las redes de inclinometría del Cenapred se observaron deformaciones oscilatorias de hasta 150 mr. El 17 de diciembre se pudo confirmar a través de un vuelo de reconocimiento en helicóptero el emplazamiento y crecimiento de un nuevo. Este creció hasta rebasar el volumen del cráter interior y rellenar parte del piso del cráter principal. Las dimensiones máximas de este domo fueron de 400 m de diámetro y aproximadamente 115 m de altura. El volumen aproximado del domo fue de 18x106 m3 con una tasa de crecimiento máxima de 200 m3/s. El proceso de destrucción de este domo se inició con exhalaciones continuas los días 18, 19 y 20. Durante el mes de enero de 2001, las exhalaciones decrecieron en tamaño en casi todo el mes. El día 22 de enero de 2001 una explosión mayor con duración de aproximadamente 4 hrs arrojó grandes cantidades de ceniza formando flujos piroclásticos hacia los sectores norte y oeste del volcán. Las fotografías aéreas de febrero de 2001 mostraron que parte del domo formado en diciembre de 2000 fue destruido. El volumen remanente acumulado en el interior del cráter en esta fecha era del 60% del formado en diciembre. La actividad fumarólica y de exhalaciones continuó en febrero y abril de 2001. Finalmente en abril se detectó una nueva formación cómica con un volumen emplazado de aproximadamente 1x106 m3. Las fotografías aéreas son tomadas por la Dirección de Carreteras Federales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para el Cenapred.

VUL-35 CARTEL

INTEGRACIÓN DE UN REGISTRO GRAVIMÉTRICO CONTINUO AL MONITOREO GEOFÍSICO DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

E. Cabral-Cano, G. Cifuentes Nava, F. Correa-Mora y A.L. Martin del Pozzo
Instituto de Geofísica, UNAM

La actividad histórica del Popocatepetl ha afectado al centro de México con la caída de ceniza y pómez fundamentalmente, aunque en por lo menos 3 ocasiones, derrames de lava y flujos piroclásticos causaron el abandono de poblaciones y la migración de sus pobladores. En esta actividad reciente se han reconocido varias etapas de intrusión de magma debido a la variación en la composición de sus productos. El estudio detallado de la evolución temporal de los campos potenciales proveen de información fundamental para conocer mejor estos pulsos de intrusión magmática.

Para complementar el monitoreo continuo de campos potenciales y deformación que opera actualmente en el volcán Popocatepetl, se instaló recientemente un gravímetro LaCoste & Romberg D (#162) en la estación POPN (Tlamacas) que también

alberga un GPS de doble frecuencia y un magnetómetro con transmisión de datos en tiempo real por medio de radiomodem al Instituto de Geofísica. Con el fin de poder dar un seguimiento constante a las variaciones de éste y otros campos potenciales se desarrollaron programas e interfaces gráficas que simplifican la captura, procesamiento y despliegue de resultados.

Se discutirán los resultados preliminares y su correlación con otras líneas de monitoreo volcánico. Los resultados de la instrumentación geofísica en volcanes activos se puede consultar en: http://aji.igeofcu.unam.mx/defnet/data_archive.html.

VUL-36 CARTEL

MODELO GEOLÓGICO CONCEPTUAL DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRO PRIETO

Héctor Lira Herrera
Depto. de Geología y Geofísica, Residencia General de Cerro Prieto

El Campo Geotérmico de Cerro Prieto es el primer campo más importante de México con 720 MWe instalados, se encuentra localizado dentro de la Provincia Geotérmica del Valle de Mexicali en la porción Noreste del estado de Baja California.

La tectónica extensional que durante el Terciario Superior dio origen a la Provincia de Cuencas y Cordilleras del W de Estados Unidos y NW de México, en el área de Cerro Prieto tuvo como resultado la formación de una cuenca del tipo medio graben, entre las fallas Cerro Prieto e Imperial, que esta caracterizada por fallas lítricas con dirección predominante Noroeste-Sureste y Noreste-Suroeste, las cuales se escalonan en forma general al NE, originando que todo el paquete sedimentario se profundice en esa dirección y por consiguiente el yacimiento geotérmico también.

La zona de debilidad cortical generada durante el Terciario, permitió el emplazamiento dentro de la cuenca tectónica de un intrusivo de composición básica, que dio origen a la anomalía magnética Nuevo León, el cual a sido alimentado por nuevas intrusiones magmáticas originadas por la actual tectónica extensional del Golfo de California.

Las rocas más antiguas que se ha identificado en la zona están compuestas por gneis y esquistos de biotita, de edad Pérmico-Jurásico, y tonalitas del Jurásico-Cretácico las cuales se encuentran en contacto con granitos del Cretáceo, que en conjunto forman el basamento de la región.

Sedimentos Clásticos Consolidados, compuestos por lutitas grises con intercalaciones de areniscas, se encuentran cubiertos por lutitas café, toda esta unidad descansa discordantemente sobre el basamento, con espesores hasta de 2750 m. Las areniscas sirven como roca almacenadora de fluidos hidrotermales, y son la zona de producción en el campo geotérmico de Cerro Prieto.

Sedimentos Clásticos no Consolidados de edad cuaternaria, producto del material depositado principalmente por el Río Colorado y abanicos aluviales de la Sierra Cucapa, están representados por gravas arenas y arcillas, que cubren el paquete de lutitas y alcanzan en conjunto espesores hasta de 2800 m.

Los fluidos hidrotermales que alimentan al yacimiento geotérmico son calentados al pasar por la zona donde se localiza el intrusivo básico y migran de este a oeste a través de las fallas lítricas, hacia estratos permeables (areniscas) que se localizan dentro del paquete de lutitas grises.

VUL-37 CARTEL

MONITOREO TÉRMICO EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Gerardo Jiménez Romano, Juan Jose Gomez Palacios y
Servando de la Cruz Reyna
Instituto de Geofísica, UNAM
CENAPRED

Dentro de los fenómenos naturales que mayor afectación tienen sobre la sociedad, las erupciones volcánicas ocupan un lugar importante. De igual forma, el estudio de la actividad volcánica es de gran relevancia para el entendimiento de la estructura y comportamiento del interior de la tierra. Así, la gran cantidad de asentamientos humanos en zonas volcánicas motiva al monitoreo de los volcanes, no solo con fines de investigación sino también con fines de reducción de riesgo.

El sistema actual de monitoreo del volcán Popocatépetl incluye sensores sísmicos, una red de deformación, inclinómetros electrónicos, detectores de flujos, pluviómetros, una cámara de video y diversos estudios geoquímicos. Desde mediados de 1998, se ha incorporado un nuevo sistema de monitoreo en ese volcán, basado en una cámara térmica donada por el gobierno Japonés a través de la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA), a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Este equipo, originalmente diseñado para monitorear temperaturas de tuberías y equipos industriales ha demostrado su utilidad en sus aplicaciones a la vulcanología. Los datos obtenidos hasta este momento reflejan su gran utilidad en el monitoreo de emisiones de material en el volcán, ya sea salida de ceniza, gases o de material incandescente en eventos explosivos. El dispositivo fue instalado en el cerro de Altzomoni, que se encuentra a 11 Km. del cráter del volcán, y se controla en forma remota desde el Centro Nacional de Prevención de Desastres CENAPRED (Orozco y Fernández, 1998. Tesis Fac. de Ingeniería UNAM). El sistema consta de dos computadoras enlazadas, una dedicada al control de la cámara térmica y la otra como receptora y medio de procesamiento de la información.

La información es generada por un sistema de dos espejos que barren regiones frente a la cámara térmica. Las señales de radianza térmica obtenidas son procesadas y representadas como pixeles de color en una imagen de dos dimensiones. En esta imagen, la temperatura de cada pixel es representada por un color y adjunta a la imagen se tiene una escala de colores como función de la temperatura. La imagen obtenida es similar a la de una cámara de televisión, pero en el rango infrarrojo térmico.

Entre los resultados más importantes obtenidos con esta metodología están las tomas realizadas cada hora desde el cerro de Altzomoni donde se vigila el comportamiento fumarólico del volcán durante la noche y de imágenes tomadas durante eventos explosivos y de exhalaciones, que han permitido cuantificar la potencia térmica liberada por el volcán. Asimismo, gracias a la ligereza del equipo,

se han realizado tomas áreas realizadas desde helicóptero hacia el interior del cráter, con las que se ha estudiado la estructura térmica de los domos.

VUL-38 CARTEL

MOVIMIENTO Y EMPLAZAMIENTO DE FLUJOS DE LAVA EN EL VOLCÁN DE COLIMA, MÉXICO: NOV. 1998-FEB. 1999

Carlos Navarro Ochoa
Universidad de Colima

La siguiente erupción de lava del Volcán de Colima desde 1991 estuvo anticipada desde mediados de 1997 cuando la actividad sísmica inició a exceder su nivel base.

El 20 de Noviembre de 1998, creció un nuevo domo de lava andesítico en la cima dentro de un crater de explosión formado en Julio de 1994. El domo de lava en bloques de 1998 creció rápidamente a una tasa de 4.4 m³ cúbicos por segundo, alcanzando un volumen estimado de 3.8 x 10⁵ m³ cúbicos en 24 horas. Cerca del medio día del 21 de Noviembre el domo de lava empezó a colapsarse, generando una serie de flujos de bloques y cenizas que descendieron por el flanco SSW a velocidades de 80 a 90 km/h en intervalos de 3 a 5 minutos. Estos flujos piroclásticos fueron principalmente depositados en los 3 brazos de la Barranca El Cordobán, alcanzando una distancia máxima de 4.8 km desde la cima en una altitud de 2,040 m. Los flujos piroclásticos mas largos fueron emplazados entre Noviembre 25-26 y sus depósitos tienen un volumen estimado de 7.3 x 10⁵ m³ cúbicos.

Un flujo de lava en bloque andesítico (59 wt.% SiO₂) empezó a fluir pendiente abajo por los tres brazos de la Barranca El Cordobán, alcanzando una distancia máxima de 3.8 km en el brazo central. Los frentes de lava en los brazos Oeste y central casi se tocan a una elevación de 2,300 m. El flujo de lava Oriental alcanzó una distancia de 2.8 km a una elevación de 2,560 m. El volumen total de los tres flujos de lava es estimado en 39 x 10⁶ m³ cúbicos asumiendo un espesor promedio de 20 m. La tasa de avance de los frentes de lava en las primeras horas alcanzó los 36 m/h en pendientes fuertes (hasta de 40°). Esta disminuyó a 0.2-1.0 m/h en pendientes suaves (aprox. 14°) a principios de Febrero, cuando la actividad terminaba. La viscosidad de la lava, estimada en observaciones de campo, fue extremadamente alta: 10⁹ a 10¹⁰ Pa·s, como 7 ordenes de magnitud mayor que las viscosidades estimadas para magmas basálticos fluidos.

Los flujos de lava cesaron su movimiento a principios de Febrero de 1999, y el estilo de actividad eruptiva entro en una fase mas explosiva, con una serie de explosiones de domo que han continuado hasta Febrero de 2001.

Reunión Anual 2001

Sesión

Sociedad Latinoamericana de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial (SELPER) Capítulo México

Jueves 8 — Viernes 9

SALA D

SELPER-AGR-01

EROSION DEL SUELO POR RIEGO AGRICOLA Y SIG

Francisco Raúl Venegas Cardoso¹ y Jesús Ortiz Durazo²¹ Facultad de Arquitectura, UABC
Unidad Mexicali² Facultad de Ciencias, UABC
Unidad Ensenada

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo desarrollada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, ha sido ampliamente utilizada para estimar las tasas de erosión del suelo por efecto de la lluvia en suelos agrícolas.

Para el cálculo de la tasa de erosión se usa la siguiente fórmula
 $A = R K L S C P$.

El objetivo principal de éste trabajo es desarrollar un programa en ambiente Windows con algoritmos diseñados para procesar los datos y calcular cada uno de los factores que compone la fórmula para finalmente estimar la tasa de erosión por riego en períodos o eventos de 30 minutos. Con la información que proporciona dicha fórmula y previamente haber digitalizado las parcelas y crear sus bases de datos se hará una representación espacial del estado que guardan las parcelas referente a sus tasas de erosión por sistemas de riego y prácticas agrícolas con el propósito de proponer cambios tecnológicos a los sistemas de cultivo utilizados.

Los resultados esperados son la representación espacial y temporal de estado que guardan las parcelas referente; al tipo de suelos, sistemas de riego utilizados, cultivos utilizados y valor de la pendiente y con esta información saber en donde se presenta la mayor tasa de erosión por prácticas agrícolas inadecuadas.

SELPER-CAT-01

ANÁLISIS DE LOS DESASTRES NATURALES DE GUAYMAS UTILIZANDO DE UN SIG

Minjárez Sosa Ismael¹, Villa T. Alberto², Montijo G. Alejandra¹ y Lino E. Selene²¹ Depto. de Geología, Universidad de Sonora² Dirección Estatal de Protección Civil del Estado de Sonora

Se integró un Sistema de Información Geográfica con el objeto de analizar los Peligros Naturales de región de Guaymas, Sonora, México. Este Sistema se integró con las siguientes capas de información: imagen LANDSAT VII, ortofoto digital de INEGI (2 mts. pixel), plano de manzanas de la zona urbana, topografía digitalizada, mapa geológico, mapa geomorfológico, mapa hidrográfico. A partir de la topografía digitalizada se ha calculado los mapas de pendiente y aspecto e integrado al SIG como nuevas capas.

La Ciudad de Guaymas se ubica en la parte suroeste del territorio Sonorense. Se encuentra enclavada en un valle aluvial y costero, entre montañas y cerros, en su mayoría de origen volcánico, con una orientación preferencial de sur a norte.

La importancia de la Cd. de Guaymas a nivel regional, reside en que es el principal puerto marítimo de abasto, por su ubicación estratégica en el Mar de Cortés, en la diversidad de las actividades económicas que se desarrollan sobresaliendo la pesca, turismo, comercio e industria.

Dadas las características fisiográficas de la región, existe un buen número de asentamientos en laderas pronunciadas, susceptibles de movimientos de masa (caída de rocas y deslizamiento de suelos).

Por otra parte la ubicación geográfica en que se encuentra la hacen propensa a tormentas tropicales y lluvias torrenciales, además de la mareas de tormenta las cuales provocan inundaciones repentinas y deslizamientos de suelos.

Otro de los peligros naturales que pueden llegar a provocar una contingencia son los terremotos, esto es debido a que la Cd. de Guaymas se encuentra ubicada frente a un segmento de la Falla San Andrés, en un área de actividad sísmica moderada, que sin embargo puede catalizar fenómenos como el deslizamiento de masa. Por ultimo, Guaymas puede ser afectada por un Tsunami, lo que se confirma por los registros que se tienen para esta localidad, en donde sismos de origen muy lejano han dejado sentir sus efectos en esta región.

En un análisis preliminar, a partir del SIG y trabajo de campo y recopilación de información se han delimitado las zonas expuestas a los fenómenos de: inundación por marea de tormenta o tsunami, deslizamiento de masa (caída de roca o deslizamiento de suelo, y, por último, inundaciones pluviales.

SELPER-CAT-02

EVALUACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL IMPACTO DEL HURACÁN ISIS (1998) EN BAJA CALIFORNIA SUR EMPLEANDO IMÁGENES LANDSAT 5 Y 7 (ETM+)

Martínez Gutiérrez, Genaro y Cosío Castro, Hector G.
Geomorfología, Ciencias de la Tierra, UABCS

El 2 de septiembre de 1998 el huracán Isis hizo su primer impacto aproximadamente a 36 kilómetros en dirección nordeste del poblado de San José del Cabo. La tormenta produjo intensa precipitación durante 24 horas. Los totales de precipitación en 24 horas registrados en algunos poblados fueron: San José del Cabo 330 mm, Cabo San Lucas 257 mm, Santiago 340 mm y La Ribera 386mm. El principal poblado afectado fue San José del Cabo. La intensa precipitación produjo inundaciones y deslizamientos de tierra en el poblado. Dos imágenes Landsat 5 [TM] y 7 [ETM+] (junio 1994 y diciembre 1999, respectivamente) fueron utilizadas para evaluar los cambios ocasionados por la tormenta. Las dos imágenes fueron georeferenciadas a la misma proyección y datum geográfico, así como radiométricamente normalizadas. La normalización de las imágenes se realizó empleando las técnicas de transformación de Kauth y Thomas (Componentes Tasseled-Cap) y objetos pseudoinvariantes. Empleando los algoritmos de sustracción de bandas y componentes principales se documentaron los cambios producidos en el paisaje después del paso del huracán Isis. En la sustracción se emplearon las bandas 2, 3, 4, 5, y 7 para cada una de las imágenes. Asimismo se utilizaron estas mismas bandas para el análisis de componentes principales. En la sustracción de bandas, aquellas localizadas dentro de espectro infrarrojo proporcionaron mejor información que aquellas situadas dentro del espectro visible.

Por otro lado los componentes 2, 3, y 4 tuvieron mejor significado, ya que proporcionaron los cambios más significativos entre las dos imágenes. Se utilizó un umbral de ± 2 desviaciones estándar para documentar los cambios en el paisaje. El análisis de los resultados mostró que el huracán Isis produjo avulsión de varios arroyos cercanos al pie de la Sierra La Victoria, y en el poblado de San José del Cabos; así como formación de zonas de inundación. Algunos arroyos que en la imagen obtenida en 1994 no muestran actividad reciente, se observó que después del paso del huracán Isis fueron reactivados, produciendo grandes cárcavas y erosión lateral en los arroyos. El algoritmo de componentes principales permitió también documentar los cambios ocurridos entre 1994 y 1999, y así evaluar los efectos del huracán. Usando los componentes 2, 3, y 4 se formó una imagen en falso color que logrando identificar los efectos. Las bandas 3 y 4 proporcionaron mejor información para la evaluación del paisaje en la sustracción de bandas; mientras que los componentes 2 y 3 en el análisis de componentes principales, dieron mejor información de los efectos del huracán.

SELPER-CAT-03

APLICACION DE FOTOGRAFIA AEREA AL ESTUDIO DE RIESGO-VULNERABILIDAD Y PREVENCION DE TSUNAMIS EN EL PUERTO DE LAZARO CARDENAS, MICHOACAN

Salvador F. Farreras y Modesto Ortiz
CICESE

La fotografía aérea es una herramienta eficiente para determinar la extensión y consecuencias del impacto de los tsunamis en obras portuarias industriales o navales, e infraestructura urbana costera; permitiendo la optimización de los recursos de respuesta.

En la primera etapa metodológica, mediante análisis de fotografías aéreas, cartas topográficas e información histórica, se identifica en las áreas urbanas y portuarias de Lázaro Cárdenas, las zonas con infraestructura y población vulnerables a inundación por tsunamis, de acuerdo a su desarrollo demográfico, material y socio-económico presente y futuro.

En la segunda etapa metodológica, se evalúan mediante simulación numérica en computador las extensiones y alturas de inundación probables que causarían en la Ciudad y Puerto de Lázaro Cárdenas, Michoacán, tsunamis locales generados en la Fosa Mesoamericana. Su origen se describe como perturbaciones en el agua del océano producidas por dislocaciones del lecho marino causadas por sismos. Se usa teoría de ondas lineales en aguas profundas para la zona de generación y de propagación distante, y ecuaciones no lineales para aguas someras en la zona de propagación cercana e interacción con la costa. El avance y retroceso de las olas de inundación en la costa es una condición de frontera móvil, cuya descarga se condiciona al nivel relativo del agua en los bordes. Las ecuaciones se resuelven mediante un algoritmo de diferencias finitas centrales explícitas "leap-frog", en mallas interconectadas de diferentes tamaños. Se simularon satisfactoriamente 2 casos de tsunamis representativos de riesgo menor y medio en México, semejantes a los ocurridos en Septiembre de 1985 y Octubre de 1995.

En la tercera etapa metodológica, se incorpora esta información a las fotografías aéreas, elaborando mapas de inundación zonificados para las áreas portuarias, navales, industriales y urbanas de Lázaro Cárdenas, Michoacán, incluyendo alturas de ola,

extensiones de inundación, y tiempos de recurrencia probable, con recomendaciones sobre planificación urbana, patrones de usos del suelo, y redistribución de población, estructuras y servicios, para disminuir su vulnerabilidad. Se sugieren también posibles rutas de evacuación y zonas de refugio para los planes de contingencia. Esta información puede eventualmente servir también para el diseño adecuado de obras de protección. Este estudio proporciona la información científica necesaria para disminuir la vulnerabilidad de la población, las obras materiales y los servicios públicos en la ciudad y en el puerto.

SELPER-ECO-01

DEFINIENDO ZONAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL CORREDOR BIOLÓGICO CHICHINAUTZIN, CON AYUDA DE UN SIG

Javier Martínez Sánchez¹, Soralia T. Rojas García² y Edgar Martínez Sánchez²

¹ Laboratorio Interdisciplinario de Sistemas de Información Geográfica, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

² Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

E-mail: jaguaresmayas@hotmail.com

Con el propósito de definir zonas prioritarias para la conservación dentro de la zona de Reserva del Corredor Biológico Chichinautzin como parte de una propuesta que permita dar mayor peso a la protección de zonas específicas dentro del corredor, se propone la siguiente alternativa metodológica. La cual consistió en la incorporación de información de las bases de datos de una colección biológica para su manejo con un SIG. La información de las colecciones biológicas fue relacionada con los datos obtenidos del cruce de la información vectorial de uso de suelo y vegetación que se obtuvo a partir de la interpretación de la imagen de satélite Landsat TM 26/47 del 2000, con la información del mapa Edafológico del INEGI y de la información de las localidades ubicadas dentro de la zona, así como de la información de carreteras y de la pendiente del terreno. Esto nos permitió definir las zonas óptimas probables de mayor peso para su conservación, en función de las características físicas de la zona y de la presencia de especies de fauna de los diferentes grupos.

SELPER-ECO-02

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA GAP EN UN AREA PILOTO DE LA FRONTERA NORTE DE MÉXICO ENTRE LOS ESTADOS DE CHIHUAHUA Y COAHUILA

G. Ceballos¹, C. Gonzalez², R. Castro³, T. Fernández³ y A. Ramírez¹

¹ Instituto de Ecología, UNAM

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM

³ Instituto de Geografía, UNAM
Cd. Universitaria, México, D.F.

La metodología GAP es utilizada para localizar áreas con una alta biodiversidad de especies animales y vegetales, con el fin de promover áreas de conservación.

El trabajo es aplicado para la localización de zonas con una alta presencia de anfibios, mamíferos y reptiles, que habitan en la zona de estudio.

Para conocer las variables ecológicas de cada especie a estudiar se utilizó información de campo ubicada geográficamente de manera puntual. Con el apoyo de cartografía temática se realizó el análisis para determinar las áreas potenciales de distribución de la especie. Una vez obtenidas las áreas de distribución de cada especie se procedió a localizar las zonas con una mayor biodiversidad de especies.

En el análisis GAP la obtención de un mapa de vegetación a gran detalle es muy importante, para su elaboración se utilizaron imágenes Landsat TM, las cuales fueron clasificadas con puntos de campo con la descripción de la vegetación a nivel de Alianza.

Como resultado se obtuvo un mapa de vegetación de la zona de estudio con una clasificación a nivel alianza y un mapa representando las áreas con mas alta presencia de las especies estudiadas en la región.

SELPER-ECO-03

EFICIENCIA DEL PROGRAMA DE PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES TRIO EN LA EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Núñez López Daniel y Pando Moreno Marisela
Centro de Investigaciones Sobre Sequía, Instituto de Ecología,
A.C.

Hoy en día, el procesamiento de imágenes digitales con propósitos de evaluación de recursos, ha resultado ser, sin duda, una eficaz alternativa y ampliamente difundida en la evaluación de recursos naturales por ofrecer elevados niveles de precisión en los procesos de clasificación temática. A la par con los recientes avances de la informática, han salido a la venta accesorios para equipo de cómputo de bajo costo, con los cuales se hace posible capturar imágenes de fotografías aéreas en formato digital (tales como: cámaras fotográficas digitales, escáner, tarjetas de interfase para video, etc.), y así mismo se han desarrollado programas de cómputo que operan en computadoras personales, de costos accesibles (Richards, 1986) y con aceptables velocidades de procesamiento. En este sentido en 1995 Núñez y Grünberger desarrollaron un programa de cómputo para procesamiento de imágenes digitales, empleando el compilador de "Borland C++ for Windows" al cual denominaron "Tratamiento de imágenes sobre ordenador" (TRIO). Este programa, fue elaborado con el propósito de generar una metodología en la que se empleara tecnología de bajo costo y de uso muy común, y que fuera considerada como una herramienta eficaz en la evaluación de recursos naturales. Al no haberse determinado el nivel de precisión de los procedimientos de clasificación que dicho programa incluye en el presente trabajo de investigación se planteó con la finalidad de determinar el nivel de eficiencia que puede ser alcanzado en la evaluación de recursos naturales, mediante el uso de este programa de procesamiento digital de imágenes. Para facilitar los procesos de interpretación, clasificación y verificación de resultados, se desarrollaron e incorporaron a dicho programa de cómputo nuevos módulos de programación, los cuales fueron: a) realce del contraste de imágenes digitales; b) corrección geométrica de imágenes; c) un criterio de clasificación no supervisada y; d) descripción estadística de áreas de entrenamiento. La eficiencia de dicho programa de cómputo fue determinada en función de un análisis comparativo de los niveles de fiabilidad, tiempo y costos operativos, entre procedimientos de clasificación visual (empleando técnicas de fotointerpretación con fotografía aérea) y digital (empleando la imagen de la fotografía

aérea en formato digital y el programa de cómputo TRIO). Ambos procedimientos de clasificación arrojaron niveles similares de fiabilidad, y resultaron concordantes con los reportados en la literatura científica. El tiempo estimado en el procedimiento de clasificación digital, fue inferior al requerido en el procedimiento de clasificación visual, representando éste último, aproximadamente el doble del primero. Por su parte, los costos operativos cotizados para el procedimiento de clasificación visual representaron el doble de los presupuestados para el procedimiento de clasificación digital. Durante el desarrollo de este trabajo de investigación, el programa de procesamiento de imágenes digitales TRIO, demostró ser una útil herramienta en la investigación geográfica y de evaluación de recursos naturales, a nivel profesional, de bajos costos operativos y de fácil aprendizaje. Ciertamente aún carece de opciones que para algunos investigadores podrían ser de gran utilidad (tales como: Índices de vegetación, análisis de componentes principales y otros criterios de clasificación), sin embargo es importante destacar, que este programa de cómputo se encuentra aún en fase de desarrollo y que cada módulo que se va incorporando, surge de las necesidades específicas que se presentan en los diversos trabajos de investigación en los cuales dicho programa ha sido utilizado así como de las valiosas sugerencias brindadas por los usuarios.

SELPER-ECO-04

EL RELIEVE COMO INDICADOR ECOLÓGICO

Andrea Bolongaro Crevenna Recaséns^{1,2}, Vicente Torres Rodríguez² y Valentino Sorani Dalbon¹

¹ Laboratorio Interdisciplinario de Sistemas de Información Geográfica, UAEM

E-mail: kable@prodigy.net.mx,

² Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C.

El relieve juega un papel fundamental en la configuración ecológica de un territorio. Características como la altitud, la orientación de laderas, la pendiente topográfica, la rugosidad y la curvatura de un terreno, que son consecuencia de la historia geodinámica de una región, influyen a su vez en la delimitación de los ambientes ecológicos contenidos en el territorio. En este trabajo se discuten los efectos independientes y conjugados de los principales atributos del relieve en la configuración ecológica del Estado de Morelos.

A partir de un modelo digital de elevación a escala 1:250,000 se elaboraron pseudoimágenes de altitud, orientación de laderas, insolación potencial debida al relieve, pendiente topográfica, curvatura, rugosidad, disección, y megaestructuras. Las pseudoimágenes se normalizaron y se procesaron con técnicas de clasificación, obteniéndose regiones geomorfológicas con fuerte influencia en los indicadores ecológicos. Con el fin de definir las direcciones preferenciales de la distribución de microambientes se obtuvieron los variogramas del relieve.

Para cada atributo del relieve se estudió su efecto sobre diferentes factores ambientales. A continuación se mencionan algunos de ellos (atributo y efecto ambiental). 1. Altitud: temperatura, oxigenación, radiación solar, presión atmosférica, humedad relativa, distribución y abundancia de organismos. 2. Pendiente del terreno: aptitud de suelo, estabilidad de suelos, erosión, preferencia de hábitat, drenaje superficial, barreras naturales. 3. Orientación de laderas: microclima, microhábitat, insolación, humedad relativa y efecto ladera. 4. Insolación potencial por orientación de laderas: Productividad primaria, humedad del

suelo, temperatura. 5. Curvatura: Delimitación y fragmentación de microhábitats. 6. Rugosidad: Microhábitat, fragmentación del hábitat, fracturamiento, microcuencas, barreras fisiográficas, delimitación natural de áreas. 7. Disección: Orientación de alineamientos. 8. Megaestructuras: macroambientes.

Los resultados obtenidos demuestran que para el estado de Morelos, la clasificación del relieve lleva a una regionalización satisfactoria del territorio para programas de ordenamiento territorial.

SELPER-ECO-05

FRAGILIDAD NATURAL E IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS. CASO RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE HUAUTLA

María Luisa Alquicira-Arteaga, Valentino Sorani, Edgar Martínez Sánchez y David Valenzuela Galván
Laboratorio Interdisciplinario de Sistemas de Información Geográfica (LISIG)
Centro de Educación Ambiental e Investigación Sierra de Huautla. Universidad Autónoma del Estado de Morelos
E-mail: mara@buzon.uaem.mx

La reserva de la biosfera Sierra de Huautla se encuentra ubicada en el sur del Estado de Morelos y tiene una superficie de alrededor de 60000 ha. Con la finalidad de implementar un programa de manejo de esta reserva, se realizó el diagnóstico estructural-funcional de la zona. Como elemento de este diagnóstico se realizó el análisis de fragilidad. Los factores que se tomaron en cuenta fueron el relieve, la vegetación potencial y el suelo. En una primera fase para cada uno de estos factores se creó un mapa en formato raster con celda de 20 m a partir de información cartográfica existente y de interpretación de ortofotos digitales e imágenes multiespectrales del satélite IKONOS. En la segunda fase con base en una revisión bibliográfica, se atribuyeron a cada factor las categorías del 1 al 5, con respecto a la fragilidad y con un proceso de reclasificación de los mapas base se obtuvieron mapas de fragilidad por factor. En la tercera fase, utilizando el proceso jerárquico analítico de Saaty, se definieron los pesos de cada factor. Luego, con álgebra de mapas, se calculó la suma ponderada de los factores y se obtuvo el mapa de fragilidad natural de la reserva. Aplicando el mismo método a los factores antrópicos (distancia de carreteras y de localidades y actividad agropecuaria) se obtuvo un mapa de actividad antrópica. Comparando este mapa con el mapa de fragilidad natural se elaboró un mapa de impacto que servirá para tomar medidas de conservación.

SELPER-ECO-06

IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES DEL ESTADO DE TAMAULIPAS

Wilver Enrique Salinas Castillo¹ y Eduardo Javier Treviño Garza²

¹ Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias, UAT

² Facultad de Ciencias Forestales, UANL

³ Ducks Unlimited de México, A.C.

El trabajo tuvo como objetivo realizar un inventario y clasificación de humedales de importancia para aves migratorias en el estado de Tamaulipas, esta región es un refugio invernal para

muchas especies entre las que se encuentra el ganso del Ártico (*Anser albifrons*). Se utilizó para ello un juego de imágenes Landsat ETM del año 2000. La información generada servirá para la realización de proyectos de conservación y protección de humedales de importancia para la vida silvestre. Aunque el estado de Tamaulipas tiene humedales naturales de gran extensión como la Laguna Madre en el Golfo de México, se ha documentado (Yépez, *et al.*, 2000) que muchas aves migratorias también utilizan como refugios temporales pequeños cuerpos de agua naturales o artificiales en tierras altas y lejos de la costa del estado. Durante 1998-1999 en un estudio llevado a cabo por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, se evaluó un humedal de 121 ha en terrenos privados cerca de la capital Cd. Victoria registrándose una población de hasta 20,000 gansos de frente blanca, 12,000 gansos de nieve y aves de 71 especies diferentes durante el invierno. La disponibilidad de alimento (agricultura) alrededor de dichos humedales hace relevante la identificación y clasificación de humedales interiores naturales y artificiales. Mediante el procesamiento de las bandas infrarrojas de 6 escenas Landsat ETM se identificaron cuerpos de agua interiores mayores a 1 ha de en la totalidad del estado de Tamaulipas y se procedió a efectuar un muestreo en aproximadamente 200 pequeñas lagunas en las que se tomaron datos para evaluar la influencia de algunos factores propios del cuerpo de agua en la preferencia de las aves migratorias al seleccionar de sitios de refugio. Estos sitios de muestreo sirvieron también como campos de entrenamiento y de verificación para la clasificación de imágenes. El sistema de clasificación se dividió en dos subsistemas, estuarino y de agua dulce. El subsistema estuarino se dividió en submareal e intermareal. El subsistema de agua dulce se dividió a su vez en natural y artificial. Las clases definidas dentro de cada subsistema fueron; agua abierta, llano, vegetación acuática, vegetación emergente y ambiente modificado, así como la presencia o ausencia de agricultura en una zona de amortiguamiento de 5 km alrededor del humedal.

SELPER-ECO-07

DELIMITACIÓN DE HÁBITATS POTENCIALES DE DISTRIBUCIÓN DE MAMÍFEROS SILVESTRES EN EL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO, UTILIZANDO UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Yadira Magali Bonilla Sánchez¹, Andrea Bolongaro Crevenna Recaséns^{1,2} y Valentino Sorani Dalbon¹

¹ Laboratorio Interdisciplinario de Sistemas de Información Geográfica, UAEM

² Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C.
E-mail: cianya25@hotmail.com

El objetivo del estudio fue delimitar hábitats potenciales de distribución de mamíferos silvestres de Morelos siguiendo las unidades geomorfológicas del Programa Estatal de Ordenamiento Territorial de Morelos como indicadores de los distintos ambientes. Mediante un Sistema de Información Geográfica y el procesamiento de una imagen Landsat 7 del 2000 se obtuvieron los mapas de distribución potencial de 100 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, índice de vegetación, clima y regionalización geomorfológica. Se obtuvieron los valores de todos los componentes ambientales de cada sitio de donde se tienen registros de mamíferos. Con los datos asociados a cada especie, se procedió a realizar una búsqueda de otros sitios con características similares para obtener sus áreas de distribución

potencial. Con la fusión de los mapas de cada especie se obtuvo el mapa de distribución potencial de la mastofauna silvestre del Estado de Morelos. En esta primera fase se presentan los mapas de distribución de 10 especies. Este tipo de mapas son una herramienta útil en la determinación de zonas de conservación de especies.

SELPER-ECO-08

ACTUALIZACIÓN MEDIANTE IMÁGENES DE SATÉLITE DE LOS MAPAS DE SALINIDAD Y DE RENDIMIENTO DEL DISTRITO DE RIEGO 076 VALLE DEL CARRIZO, SINALOA

Leonardo Pulido Madrigal y Néstor Gastelo García
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Comisión Nacional del Agua

Con el propósito de actualizar los mapas de salinidad del suelo y de rendimiento de trigo del distrito de riego 076 obtenidos a través de imágenes de satélite en 1994, se adquirió una imagen de satélite landsat en el año 2000 del área que cubre al Valle del Carrizo. Para generar dichos mapas se probaron diferentes modelos desarrollados con anterioridad en los distritos de riego Valle del Carrizo, Río Yaqui, Río Mayo y Río Fuerte. Estos modelos se generaron a partir de observaciones de salinidad y rendimiento realizadas en parcelas de observación, y de valores espectrales extraídos en las bandas en el verde, rojo e infrarrojo cercano de imágenes de satélite multispectrales. Se digitalizó el mosaico de cultivo de trigo y maíz del ciclo de cultivo otoño-invierno 1999-2000 sobre la imagen landsat del año 2000 para clasificar cada cultivo, y de los modelos probados se seleccionaron aquellos que produjeron clasificaciones más coherentes en comparación con los resultados logrados en 1994. De esta manera se generaron mapas de salinidad de las áreas de trigo y maíz, cuya superficie estimada de cultivo en conjunto fue de 30,279 ha, de las cuales se estimó que el 58.6% presentaba problemas de salinidad. La superficie afectada resultó mayor que en el año de 1994 en el que se estimó un 35.7% de afectación por salinidad. El área de trigo se clasificó y se estimó un rendimiento medio de 5.0 ton/ha; se cuantificó una producción total de trigo de 73,865 toneladas.

SELPER-HID-01

ESTIMACIÓN DE ESCURRIMIENTOS EN LA REGIÓN DE LOS CABOS, B.C.S., INTEGRANDO PERCEPCIÓN REMOTA, SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y MODELOS HIDROLÓGICOS (HEC-HMS)

Martínez Gutiérrez, Genaro
Geomorfología, Ciencias de la Tierra, UABCS

La península de Baja California experimenta eventos de inundación después de lluvias extremas o cuando es golpeada por una tormenta tropical. Las principales localidades afectadas por estas tormentas están localizadas a lo largo de la costa, por ejemplo, la región de Los Cabos. La región sur de la península fue impactada por 92 tormentas durante la década pasada. La región de Los Cabos consiste de 10 sub-cuencas hidrológicas que drenan hacia el Océano Pacífico y al Golfo de California. Dos de estas drenan hacia los mayores desarrollos turísticos de la región de Los Cabos, i.e., San José del Cabo y Cabo San Lucas. En 1998, el poblado de San José del Cabo tuvo un severo daño después del paso del Huracán Isis, el

cual produjo una precipitación extrema (>600 mm en 24 h) ocasionando una inundación a lo largo del arroyo San José y el poblado. Asimismo en 1993, el mismo poblado fue inundado y dañado por una tormenta producida fuera de la estación de tormentas tropicales. Una de las características de las cuencas que drenan hacia los centros turísticos de Los Cabos es que no cuentan con correntómetros en las áreas afectadas, así como es poco conocido acerca de las características de las inundaciones. Los únicos datos disponibles para esta región son las lecturas de precipitación total obtenidas durante 24 horas. A fin de estimar los escurrimientos producidos por tormentas extremas en la región de Los Cabos se procedió hacer un cálculo utilizando el modelo hidrológico HEC-HMS y un Sistema de Información Geográfica (ArcView). Los datos requeridos para el empleo de este modelo incluyeron: precipitación, factores de pérdida de lluvia, parámetros geomorfológicos, elementos geométricos de los canales e hidrogramas sintéticos. Los parámetros fueron determinados utilizando diferentes técnicas. Datos de precipitación fueron obtenidos de la Comisión Nacional del Agua, los cuales incluyeron precipitación total en 24 horas. Debido a la ausencia de pluviógrafos en la región, se creó una distribución sintética a partir de los datos de precipitación total y el uso de la Distribución Tormenta Tipo III. Los parámetros hidrológicos y geomorfológicos requeridos para la estimación del escurrimiento fueron obtenidos de una imagen Landsat 5 y un modelo digital de elevación. Una clasificación supervisada usando la imagen Landsat TM 5 permitió delinear las clases de uso de suelo y cubierta del terreno. La clasificación fue usada para definir los números de la curva de escurrimiento para el modelo hidrológico. Los parámetros morfométricos de la cuenca fueron obtenidos del modelo digital de elevación con resolución espacial de 60 x 60 m, a partir del uso del Sistema de Información Geográfica, ArcView, y el código HEC-Prepro. La cuenca estudiada cubre un área de 35.1 km², delineándose 7 sub-cuencas. Las estimaciones de las descargas pico para las distribuciones de lluvia sintéticas mostraron que los escurrimientos extremos ocurrieron cuando la precipitación estuvo concentrada a ciertos intervalos de tiempo. Diferentes distribuciones sintéticas y especificaciones fueron usadas. Una distribución de precipitación de 12 milímetros en 10 horas dio una descarga de 224.3 m³/s ocurriendo a las 14 horas. Los hidrogramas generados por HEC-HMS para cada una de las sub-cuencas alcanzaron el pico de descarga a diferentes tiempos. Las mayores descargas se obtuvieron cuando la distribución sintética se sesgo hacia el centro de la distribución. La mayor descarga obtenida fue de 349 m/s para una distribución de 89 mm/h en 24 horas. Los resultados obtenidos con las distribuciones sintéticas de precipitación (76 y 89 mm) fueron ligeramente mayores que la Distribución de Tormenta Tipo III a un intervalo de tiempo de 15 minutos. Sin embargo a un intervalo de 15 minutos tuvieron similares estimaciones, con una diferencia promedio de 5%. Esto indicó que los dos modelos representan un escurrimiento producido por 254 mm de agua en 10 horas. La diferencia en la descarga pico esta posiblemente relacionada con la distribución de la lluvia. La integración del modelo HEC-HMS con percepción remota es un importante acercamiento para la estimación de escurrimiento producido por precipitación extrema donde correntómetros no existen.

EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN ACUÁTICA PARA EL DIAGNÓSTICO DE MALEZA EN CUERPOS DE AGUA

Cervando Castillo Romano y Jorge Enrique Brena Zepeda
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Con el objeto de apoyar los programas de saneamiento y control de malezas acuáticas en presas y cuerpos de agua mayores de 20 hectáreas localizados en el país, se propuso una metodología para su localización geográfica y para cuantificar la magnitud de la presencia de maleza.

La metodología se sustenta en técnicas de percepción remota utilizando imágenes del satélite LANDSAT-7, esta se divide en dos partes: la primera obtiene el polígono que delimita a cada cuerpo de agua, la cual se basa en el comportamiento espectral del agua, es decir, en la respuesta de intensidad reflectiva de la luz en diferentes rangos del espectro electromagnético. El objetivo es aislar el cuerpo de agua sin alterar sus valores espectrales originales, es necesario mantenerlos para definir con precisión el límite entre agua y suelo o vegetación. La segunda, se basa en el procesamiento digital con algoritmos matemáticos supervisados, los cuales separan espectralmente a la vegetación acuática de otras clases. Este procesamiento se ha utilizado de manera sistemática en el IMTA para identificar la vegetación acuática

La metodología se aplicó en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche. Además de la cuenca Lerma-Chapala. Se utilizaron imágenes tomadas en 1996 y 2000.

SELPER-HID-03

MODELACIÓN HIDROLÓGICA EN EL NORTE DE MÉXICO USANDO SIG

C. Watts¹, J. Rodríguez¹, W. Ledesma², J. Garatuza³ y J. Saiz²

¹ IMADES

² Universidad de Sonora

³ ITSON

El modelo ideal de hidrología superficial en una cuenca debería ser continuo en tiempo y distribuido en espacio para que pueda captar toda la complejidad de la cuenca. De todas maneras, hay que discretizar tanto en tiempo como en el espacio y es muy común escoger el intervalo básico de tiempo de un día y dividir la cuenca espacialmente en Unidades de Respuesta Hidrológicas (URH). Se supone que cada URH es relativamente homogénea y puede ser caracterizada en términos de valores promedio de las variables hidrológicas e hidráulicas. El Sistema de Información Geográfica está utilizado como herramienta para generar los datos requeridos de cada URH partiendo de información climatológica puntual, un modelo digital de terreno, mapas edafológicos y de vegetación y uso de suelo, etcétera. Un modelo popular llamado SWAT (Herramienta para la evaluación de suelo y agua) fue desarrollado en el Servicio de Investigación Agrícola en Texas, EUA y cuenta con un interfase amigable con ArcView. No obstante, el uso de SWAT en México requiere una adaptación para incorporar la información edafológica y de vegetación disponible aquí. El propósito de este trabajo es describir experiencias en la aplicación del modelo SWAT a tres cuencas importantes del norte de México, las de los ríos San Pedro, Yaqui y Conchos.

PROPUESTA DE CREACIÓN DE MICROEMBALSES MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LOS SIG Y LOS MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN

Francisco Raúl Venegas Cardoso
Facultad de Arquitectura, UABC
Unidad Mexicali, B.C.

Los recursos hídricos de Baja California son de 3,331.75 Mm³ y de este volumen total, el 76.5% se localizan en la Región Hidrológica No. 7 Río Colorado en el Valle de Mexicali, con precipitación media anual de 54 mm y una superficie de 5.6% de los 71,609 Km². del total del Estado, el volumen hídrico restante 23.5% se reparte en 12 cuencas que se localizan en 6 Regiones Hidrológicas que ocupan más del 93% del total de la superficie del estado. (CNA, 1995).

En la Región Hidrológica No. 1 perteneciente a las 6 localizadas en la vertiente del Pacífico, esta el valle de San Quintín, la zona agrícola más importante de todo el estado.

Toda la región manifiesta una actividad tectónica alta, con un gradiente altitudinal desde los 0.0 m hasta los 3001 msnm, topografía muy accidentada con levantamiento de bloques y del batolito peninsular, presentando pendientes mayores a los 70% , siendo el valle de San Quintín la zona más plana con pendientes entre 0 y 50%.

La precipitación media anual es de aproximadamente 300 mm anuales, pero en los periodos húmedos y con la presencia del evento del Niño/Oscilación del Sur, se han llegado a cuantificar hasta 1,100 mm anuales y una máxima de 122 mm en 24 horas (CNA, 1995), provocando graves daños económicos a toda la región.

OBJETIVO; Proponer la construcción de pequeños embalses como una alternativa de manejo de las cuatro cuencas hidrológicas de la región San Quintín y ayudar a mitigar los efectos recurrentes de sequías e inundaciones en toda la región.

Resultados: Se presentan mapas generados con la utilización de los SIG y los modelos digitales de elevación para aislar grupos de pendientes, permitiendo conocer con bastante precisión la topografía y proponer la construcción de pequeños embalses o aguajes que ayuden a disminuir los graves efectos de la escorrentía, aminorar la erosión hídrica, además que tengan la capacidad de almacenar pequeños volúmenes de agua y provocar una mayor infiltración para recargar los acuíferos que en la actualidad están sobreexplotados.

SELPER-HID-05

SISTEMA DE CONSULTA DE CUERPOS DE AGUA (SCCA) PARA CUATRO ESTADOS DE LA COSTA DEL GOLFO DE MÉXICO Y LA CUENCA LERMA-CHAPALA

Héctor Sanvicente Sánchez¹, Yolanda Solís Alvarado¹ y Roberto Rangel Martínez²

¹ Coordinación de Tecnología Hidrológica, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

² Programa de Control de Malezas Acuáticas, Comisión Nacional del Agua

La Comisión Nacional del Agua (CNA); organismo encargado del uso, aprovechamiento, saneamiento, preservación y administración del agua en México; a través del Programa de Control de Malezas Acuáticas (PROCMA) establece políticas y orienta recursos para mejorar las condiciones de los cuerpos de agua donde la vegetación es considerada como maleza. Para dirigir sus acciones el PROCMA requiere de información geográfica, técnica y socioeconómica de cada uno de los cuerpos de agua en el país. Sin embargo, ante el volumen de información, el PROCMA tuvo la necesidad de contar con una herramienta que le permitiera de manera rápida, fácil e integral el manejo y consulta de ésta en el momento de dirigir sus acciones, por lo que mediante convenio con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) se estableció el desarrollo de un Sistema de Consulta de Cuerpos de Agua (SCCA).

El SCCA cuenta en su primera versión con la cartografía digital proveniente de inventarios de cuerpos de agua mayores a 20 ha para cuatro de los cinco estados con costa al Golfo de México (cubriendo más del 80% de dicha costa), y para la cuenca Lerma-Chapala que comprende aproximadamente un 20% de la porción central del país. Además, la información tabular para cada cuerpo de agua está dividida de la siguiente manera: a) información geográfica básica obtenida de los inventarios, b) características del cuerpo de agua c) presencia de vegetación acuática, d) información meteorológica actual y e) datos socioeconómicos. Los inventarios fueron levantados mediante imágenes de satélite (con fechas de toma de 1996 al 2000) y técnicas de percepción remota por el propio IMTA, mientras que la información tabular de variables técnicas y socioeconómicas se está recopilando aprovechando la propia estructura de la CNA.

El SCCA es un sistema de consulta y actualización de información geográfica implementado dentro de los ambientes de ArcView GIS y Visual FoxPro, que maneja en forma integrada la cartografía y las tablas de información de los cuerpos de agua, mediante herramientas de estos paquetes y otras de desarrollo específico, todas dentro de una interfase propia. El sistema permite no solo la consulta de la información de los cuerpos desplegados en pantalla sino que mediante la definición de criterios realiza búsquedas de aquellos cuerpos que los satisfagan, efectuando entonces una discriminación de cuerpos de agua. Además, manda reportes en papel de la información de cada cuerpo y genera mapas impresos que permiten su ubicación geográfica y contextual. Por otro lado, el SCCA permite la actualización de la información de la base de datos de cada uno de los cuerpos de agua en él incorporados mediante herramientas de FoxPro, además de mantener una conexión natural con el ArcView GIS lo que permite la incorporación de nuevos cuerpos de agua a los ya existentes.

De esta forma, el SCCA es una herramienta en el proceso de toma de decisiones, elaboración de informes técnicos y generación de la base de datos cuerpos de agua del país.

SELPER-INT-01

INTERNET: MEDIO DE DIFUSIÓN DE LAS IMÁGENES DE SATÉLITES METEOROLÓGICOS QUE RECIBE EL INSTITUTO DE GEOGRAFÍA, UNAM

Gabriela Gómez Rodríguez, Pedro Camilo Alcántara Concepción, Sandra Guadalupe Gómez Domínguez y Gonzalo Valdez Madero
Instituto de Geografía, UNAM

Existen en Latinoamérica pocos sitios de Internet que difundan información acerca de tecnología satelital en español. El Instituto de Geografía se ha dado a la tarea de difundir, a través de su sitio de internet, la información capturada cotidianamente en sus antenas receptoras de imágenes meteorológicas. Esta difusión va dirigida a usuarios con diferentes niveles de escolaridad. Con Universum se trabajó un portal dirigido a estudiantes de nivel básico y medio (<http://indy2.igeograf.unam.mx/erisa/uni/>). Paralelamente se desarrolló otro portal mas completo para estudiantes de niveles medio y medio superior (<http://indy2.igeograf.unam.mx/erisa/>).

El proyecto tiene dos componentes, la programación del sistema de recepción de imágenes TeraScan y la interface con los usuarios. La programación de TeraScan se realizó mediante el lenguaje de programación UNIX. Se desarrolló una aplicación modular (*script*) que utiliza el *shell* de UNIX y las herramientas comunes que contiene.

La salida final del sistema TeraScan consiste de imágenes en formato SunRaster que fueron transformadas a GIF por medio de programas de libre distribución, como PBMplus que permiten manipular y realizar conversiones de formatos gráficos de manera automatizada.

El script ejecuta todos los procesos de recepción y manejo de la información del sistema TeraScan y los programas de UNIX sin intervención humana.

Las páginas de internet tienen dos componentes, los lenguajes en que están escritas y los programas que automatizan su producción. Están escritas en html con subrutinas en lenguaje JavaScript.

Como resultado se tienen 2 portales donde se exploran diferentes tipos de imágenes de baja resolución, se explica su captura y utilización a diferentes niveles de acuerdo al público al que va dirigido y que puede ser accedidos a través de una gran variedad de navegadores.

Estos portales, cuyo mantenimiento es sencillo, ya que su actualización es automática, no requieren de administración continua. Además de contener ligas de interés relacionadas con los temas, tratando en lo posible incorporar otros sitios en español.

SELPER-INT-02

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA FOTOTECA DIGITAL DE TIPOS DE VEGETACIÓN EN MÉXICO, DISPONIBLE A TRAVÉS DE INTERNET

José Luis Palacio, Javier Osorno y Armando Peralta Higuera
Instituto de Geografía, UNAM

Se presenta los objetivos, el diseño e implementación de una aplicación Web que opera como una fototeca digital de tipos de vegetación de México.

Esta fototeca integra a la fecha dos colecciones (una de ortofotos digitales aéreas generada durante el inventario 2000-2001 y otra de fotografías de vegetación generadas durante el inventario nacional forestal periódico en 1994).

La colección de fotos desde el piso incluye los siguientes datos de campo:

- Coordenadas
- Estado y municipio
- Altitud
- Fisiografía
- Textura del suelo
- Profundidad del suelo
- Vegetación arborea dominante

La colección de ortofotos incluye los siguientes datos:

- Coordenadas
- Altitud
- Escala
- Fecha y hora de la fotografía

El sitio Web incluye herramientas de búsqueda, selección y presentación de fotos individuales y sus datos asociados a través de un mapa interactivo. También incluye mecanismos de búsqueda que permiten filtrar el acervo de acuerdo a combinaciones de criterios (espaciales y/o referentes a los atributos de los sitios de muestreo).

Se presenta el diseño de un mecanismo para la visualización 3D de los pares estereoscópicos de ortofotos aéreas.

Finalmente se discute la arquitectura de software y se señalan líneas de trabajo a futuro.

SELPER-INT-03

EL SERVIDOR DE MAPAS DE LA BIBLIOTECA CONJUNTA DE CIENCIAS DE LA TIERRA DE LA UNAM

Roberto Bonifaz
Instituto de Geofísica, UNAM

La expansión y mejora de la infraestructura y los servicios que internet provee a la comunidad científica y el aumento de la cantidad de datos disponibles, ha incrementado notablemente el uso de esta tecnología como medio de distribución de datos en general. Los datos geográficos y espaciales, no han sido la excepción y dada la naturaleza de los mismos y sus particularidades (características cartográficas, proyecciones, escalas, formatos etc), requieren de aplicaciones específicas.

Los servidores de mapas en internet (IMS) han cubierto este nicho y facilitan tanto el acopio de datos como la distribución de los mismos.

La biblioteca conjunta de Ciencias de la Tierra (BCCT) que integra las bibliotecas de los institutos de Geofísica, Geología, Ciencias del Mar y Limnología y del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, ha adquirido a lo largo del tiempo, conjuntos de datos geográficos digitales que necesita poner a disposición de la comunidad de dicha área de una manera rápida y eficiente. Por otro lado, el Instituto de Geografía ha sido un generador importante de datos geográficos de diferentes tipos e integra parte de su acervo a este proyecto.

Como solución, se está optando por el establecimiento de un servidor de mapas por internet (IMS) basado en los productos ArcIMS de ESRI para solventar estas necesidades.

En este trabajo, se plantea la estructura y características del proyecto, los componentes, y los alcances para ponerlo en operación en el futuro inmediato. Dadas las particularidades de cada conjunto de datos, se analizará el nivel de accesibilidad y disponibilidad de mismos y los mecanismos de seguridad a nivel del servidor.

SELPER-INT-04

DESARROLLO DE UNA APLICACION WEB PARA LA EXPLORACIÓN DE ACERVOS DE IMAGENES SATELITALES Y CARTOGRAFÍA

Javier Osorno Covarrubias y Luis Miguel Morales Manilla
Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Precepcion Remota, UNAM

En la UNAM existen muchas dependencias que utilizan y/o generan acervos de datos espaciales digitales (imágenes satelitales, fotografías aéreas y cartografía). Estos acervos son costosos pero la inversión que representan se amortiza en la medida en que coadyuvan en las funciones de investigación, docencia y extensión de la cultura.

En este contexto adquiere relevancia la implementación de mecanismos para la organización, búsqueda y recuperación de recursos de información mediante métodos automatizados.

La adaptabilidad del lenguaje extensible de marcado XML, su carácter de especificación independiente de la plataforma y su aptitud para representar estructuras de datos complejas lo hacen un vehículo idóneo para organizar, difundir e intercambiar recursos de información a través de Internet.

En este artículo se discute el diseño de una aplicación WEB para la consulta interactiva de imágenes satelitales y cartografía. Se analiza el diseño de mecanismos de consulta y recuperación de datos basados en XML. Estos mecanismos habilitan la extensión potencial de la aplicación hacia un portal de datos espaciales para el Instituto de Geografía.

Se presenta también la arquitectura de software de la aplicación que incluye el uso de la tecnología de compactación de imágenes de Mr SID, basada en wavelets.

Se discute la presentación de imágenes sobre el modelo digital del terreno y la superposición de cartografía (rasgos vectoriales y temáticos).

Por último de presenta el diseño de un buscador de nombres geográficos que permite generar la lista de datos espaciales disponible para un rasgo geográfico determinado.

SELPER-INT-05

ENSENADA EN LÍNEA

Bertha Serrato de la Cruz¹ y Alejandro Hinojosa C.²

¹ Facultad de Ciencias, UABC

² Depto. de Geología, CICESE

Existe una creciente tendencia en utilizar Internet para difundir información de diversa índole, la explosión en el número y tipo de aplicaciones para navegadores cada vez se hacen más elaboradas y con una mayor funcionalidad. Aquellas orientadas a dar a conocer información sobre regiones geográficas, se apoyan en mapas, fotos aéreas, puntos, líneas y polígonos, que describen la distribución espacial de los diferentes rasgos y temas geográficos que se desean resaltar. Existen algunas que son estáticas y otras dinámicas, las dinámicas a diferencia de las estáticas tienen la funcionalidad de crear mapas bajo demanda con la información disponible, es decir, el usuario especifica aquellos objetos espaciales que desea desplegar y consultar.

Se adecuó y personalizó una interfaz dinámica para dar a conocer algunos rasgos geográficos e información sobre la región de Ensenada, Baja California, apoyándonos en MapServer, un desarrollo de la universidad de Minnesota, y en información espacial geo referenciada recopilada de varias fuentes. El usuario puede desplegar y consultar la información de Ensenada a través de un navegador de Internet. <http://geologia.cicese.mx/mapas/ensenada/>

La interfaz opera en modo de despliegue o de consulta, estableciendo el modo a través de botones de selección. En modo de despliegue, el usuario especifica los datos espaciales que desea visualizar, pudiendo acercarse, alejarse y desplazarse sobre ellos. Para una mejor referencia geográfica, la interfaz permite el despliegue de trasfondos como imágenes satelitales, fotografías aéreas y mapas escaneados. En modo de consulta, se puede recuperar la información tabular asociada a los puntos, líneas y polígonos. Entre la información recopilada para la interfaz está: imágenes satelitales recientes, mapas escaneados, traza urbana, información del censo de 1995, distribución de escuelas, sismicidad, litología, colonias, códigos postales, etc. Es un esfuerzo en el que se pretende ofrecer a la comunidad un medio para que ésta conozca mejor el lugar donde vive.

SELPER-MET-01

DETERMINACIÓN DEL PERFIL VERTICAL DE TEMPERATURA USANDO RADIANCIA MEDIDA POR LOS GOES I-M

Miguel A. Altamirano del Carmen y René Lobato Sánchez
DEPFI, UNAM
IMTA

En México se necesita de una red de información meteorológica más densa para mejorar los estudios, investigaciones y pronósticos del tiempo a mediano y largo plazo, es por ello la necesidad de hacer observaciones rutinarias de variables meteorológicas. Una forma de obtener datos con una mayor

resolución espacial y temporal es a través de los sondeos atmosféricos remotos (sondeos virtuales) que pueden ser obtenidos a partir de la radiación registrada en los satélites meteorológicos como son los de órbitas polares o geoestacionarias, además de que por la alta resolución horizontal y cubierta global, los datos de satélites no tienen rival en información. La forma básica de esta información es la radiancia emitida por la superficie de la Tierra y su atmósfera.

Los satélites geoestacionarios (GOES I-M) permanecen sin movimiento arriba de un punto sobre el Ecuador y son clasificados por la longitud de su punto subsatelital, ellos observan la Tierra en forma constante y llevan sensores como el Imager, que maneja 5 canales espectrales y el Sounder, que maneja 19 canales espectrales y cuyos datos radiométricos proporcionan la capacidad de determinar la estructura tridimensional de la temperatura atmosférica y la distribución del vapor de agua.

El sondeo virtual de variables meteorológicas ayuda a proporcionar las condiciones iniciales para los Modelos Numéricos de Pronóstico Meteorológico (NWPM), de las variables meteorológicas obtenidas de los sondeos virtuales el perfil de temperatura es el más utilizado en NWPM, debido a que esta establecido y entendido su impacto en los resultados, mientras que otras variables meteorológicas aún no lo están, es por ello que para este estudio se va a determinar la temperatura atmosférica a través de la radiancia utilizando el algoritmo de Chahine (1970).

Las variables meteorológicas pueden ser inferidas indirectamente a través de la determinación del espectro de radiancia observado. La transmitancia es una función de la temperatura y la razón de mezcla del gas absorbedor. Para gases bien mezclados tal como el CO₂ se supone que la razón de mezcla es conocida e independiente de la altura. Las longitudes de onda 15 mm y 4.3 mm son sensibles al CO₂ y son utilizadas para estimar la temperatura atmosférica. Para longitudes de onda sensibles a variables de gases traza tal como O₃ y vapor de agua, se supone que el perfil de temperatura es conocido y se usan las radiancias para calcular las razones de mezcla (o concentraciones). La banda 6.3 mm del H₂O es usada para medición del vapor de agua. La banda 9.6 mm del ozono es usada para hacer una medición de la cantidad total de ozono.

Para esta presentación se mostrará un avance del trabajo la cual consiste en explicar la estructura de como viene la radiancia en los archivos con formato GVAR que son mandados por el satélite GOES, así como también se presentaran comparaciones de los canales del Sounder con imágenes infrarrojas del Imager.

SELPER-MET-02

FLUCTUACIONES DEL NDVI COMO RESPUESTA A LAS VARIACIONES DE PRECIPITACIÓN EN MICHOACÁN Y EL BAJÍO GUANAJUATENSE

Rebeca Granados Ramírez, Teresa Reyna Trujillo y Gabriela Gómez Rodríguez
Instituto de Geografía, UNAM

La lluvia es esencial para el crecimiento de la vegetación. En ciclos pasados los patrones de distribución de ésta eran más constantes y permitían una planeación adecuada de los recursos vegetales, actualmente la disminución y variabilidad estacional de la precipitación parece ser cada vez mas marcada e ir en aumento,

ocasionando cambios en el uso del suelo y pérdidas considerables en la producción. Las imágenes de satélite son una herramienta que posibilita analizar una zona en repetidas ocasiones y realizar estudios multitemporales para reconocer y evaluar variaciones y cambios estacionales en la vegetación natural y cultivada, cantidad de biomasa, detección de sequía, etc. Por lo antes mencionado se inició el presente estudio, cuyo objetivo es estudiar las variaciones del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) como respuesta a los cambios en los patrones de lluvia, mediante el análisis de las imágenes AVHRR del satélite NOAA.

Para alcanzar el objetivo será necesario conocer la vegetación actual del área mencionada, así como la producción agrícola y las precipitaciones que se han registrado en los últimos años. A la par se utilizará y analizará información de las imágenes AVHRR y particularmente el NDVI.

SELPER-MET-03

SOBRE LA INTERACCIÓN DE VORTICES CICLÓNICOS EN LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA DURANTE EL FENÓMENO DEL NIÑO

Enrique J. Buendía Carrera
Climatología Física y Dinámica, Centro de Ciencias de la
Atmósfera, UNAM

Durante la presencia del fenómeno del niño se ha detectado en la alberca de agua caliente del Océano Pacífico Oriental un núcleo de agua caliente cuya anomalía es igual a la anomalía de temperatura del niño ecuatorial.

Este núcleo de agua caliente casi estacionario al oeste de la península de Baja California genera una evaporación continua que a su vez empieza a tener una circulación ciclónica en la atmósfera de la localidad. Este vortice ciclónico interactúa con el vortice ciclónico de un huracán o tormenta tropical de tal forma que al presentarse el fenómeno de Fujiwara los ciclones tropicales interactúan y penetran o afectan a la península de Baja California, y a los estados de Sonora y Sinaloa.

Al consultarse el registro histórico desde fines del siglo XIX y todo el siglo XX se satisface esta observación.

SELPER-MET-04

TRAYECTORIA DEL HURACÁN MITCH

Rafael Patiño Mercado
Climatología Física y Dinámica, Centro de Ciencias de la
Atmósfera, UNAM

Octubre 21, 1998, lat. 12.80, long. -77.90 una depresión tropical se formó en el sureste del Mar Caribe. Un día más tarde la tormenta se convirtió en una tormenta tropical y se le dio el nombre de "Mitch". Mitch se fue moviendo lentamente los días posteriores con rumbo noroeste, además ganó fuerza. Un intensivo incremento se presentó entre el día 23 lat 12.70, long. -77.90 octubre 26 lat. 16.50, long. -81.40.

El huracán continuó fortaleciéndose así como se movía hacia el noroeste muy lentamente. Vientos en la tormenta alcanzaron una cresta de 157 nudos (180 millas por hora) en Octubre 26 solo alejado de la costa noroeste de Honduras. Esto hizo de Mitch el

huracán más fuerte en el Mar Caribe en más de una década. Mitch se mantuvo en este nivel de intensidad por casi 24 horas antes de empezar a debilitarse.

La mañana del 28 de Octubre lat 16.60, long -85.60, los vientos asociados con el huracán Mitch habían disminuido a 105 nudos. La tormenta se localizaba solo al norte de Honduras y fue dirigiéndose hacia el oeste. En este lugar, sin embargo, el peligro no fue el viento sino la lluvia. El movimiento lento de la tormenta había causado lluvias fuertes en América Central por varios días, pero especialmente en Nicaragua. Ahora con la tormenta estacionada en el norte, las lluvias se incrementaron intensamente y en alcance. Un amplio diluvio de destrucción y deslaves fue el resultado. Al tiempo que la tormenta tropical Mitch tocó tierra el 29 de Octubre lat 16.30, long. -86.00, los daños materiales y las pérdidas de vidas fue extensivo.

Mitch se debilitó rápidamente una vez que llegó a la costa pero la región montañosa de Honduras y Nicaragua siguieron comprimiéndola humedad fuera del sistema. El centro de la circulación empezó a dirigirse al norte y emergió en el Golfo de México en Noviembre 2 lat 19.40, long -91.30. Así como Mitch empezó a volverse a desarrollar, este interactuó con un frente frío que se extendió en el Golfo.

La tormenta empezó a incrementar su velocidad hacia el este-noreste y en Noviembre 4, lat 21.80, long. -88.30, los vientos asociados con la tormenta incrementaron de nuevo la fuerza del Mitch. Este fue reclasificado como tormenta tropical aunque mucho del campo de vientos se desplazaron del centro, queriendo decir que esta perdía sus características tropicales.

Más tarde el día 5 de Noviembre lat 23.80, long. -85.40, Mitch le pegó a la costa oeste de Florida con vientos con ráfagas de casi 70 nudos. La velocidad de la tormenta había aumentado hasta 23 nudos y esto había despejado Florida más tarde esa noche. Ya en el Atlántico se determinó que debido a sus características el Mitch ya era una tormenta extratropical.

SELPER-MET-05

LAS IMPLICACIONES DE LA OBSERVACIÓN DEL FLUJO DE CALOR LATENTE A ESCALA LOCAL EN EL BALANCE DE ENERGÍA A ESCALA REGIONAL

González Sosa E.
Universidad Autónoma de Querétaro

El flujo de calor latente es un componente importante del ciclo hidrológico al igual que los otros componentes como la precipitación, la infiltración y el flujo de calor en el suelo, típicamente fenómenos que varían en espacio y en el tiempo. El balance hídrico de una cuenca o región se basa en observaciones puntuales de dichas componentes en áreas que rara vez son homogéneas y son escaladas linealmente a fenómenos espacio-temporales como la evaporación total. En este trabajo se presentan algunos aspectos sobre el escalamiento de observaciones puntuales y observaciones de percepción remota, las cuales integran en forma implícita varios fenómenos físicos que ocurren a escalas diferentes en una sola escala de trabajo. Son comparados los resultados de observaciones en continuo de la relación Bowen dentro de un campo experimental a escala de parcelaria contra los resultados esperados con imágenes satelitarias correspondientes a escalas de

tiempo muy pequeñas, las cuales producen valores espaciales de varias decenas o centenas de kilómetros cuadrados de la evaporación instantánea. Asimismo, se presenta algunos aspectos que rompen ciertos paradigmas del significado físico de la evaporación potencial y sus implicaciones en la estimación del flujo de calor latente a escala de cuenca o escalas regionales mediante el uso de imágenes de satélite.

SELPER-OCE-01

**ANÁLISIS DE ALGUNAS VARIABLES
AMBIENTALES SOBRE LA ABUNDANCIA
RELATIVA DEL ATÚN ALETA AMARILLA
THUNNUS ALBACARES EN EL NOROESTE DEL
PACÍFICO MEXICANO USANDO IMÁGENES NOAA-
AVHRR Y SEAWIFS DEL SEASTAR**

José Angel Trigueros Salmerón, Bernardo Shirasago Germán,
Sofía Ortega García y Maclovio Obeso Nieblas
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN
La Paz, B.C.S., México

En el Pacífico Nororiental correspondiente a la región circundante de la Península de Baja California se presentan las capturas mas importantes de pelágicos mayores y menores, además de presentar recursos subexplotados como es el caso de la langostilla. Es una región con alta variabilidad oceanográfica reflejándose en la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, corrientes, mareas, entre otros, ya que en ella presentan una serie de estructuras oceanográficas como son las surgencias estacionales, los frentes oceánicos, giros, ondas internas, de marea, corrientes intensas (jets), lengüetas de agua fría, entre otros, ocasionando una alta productividad biológica durante todo el año. En el caso del Atún Aleta Amarilla, esta región representa una zona de alimentación y reproducción, llegándose a obtener capturas de este recurso de aproximadamente 146,000 toneladas. El objetivo de este trabajo es el de conocer e identificar a aquella o aquellas variables ambientales, que pudieran causar fluctuaciones del atún aleta amarilla, directa o indirectamente. Para lo anterior se utilizaron imágenes de promedio semanal del sensor SeaWiFS-SeaSTAR, con una resolución de 4 km, facilitadas por la NASA/Goddard Space Flight Center and ORBIMAGE, de Enero de 1998 a diciembre de 1999. Las de TSM (temperatura superficial del mar) fueron obtenidas a partir de los canales cuatro y cinco de los sensor AVHRR-NOAA-12 y 14, con resolución de 1.1 km, de 1998 y 1999. Los datos de captura de atún aleta amarilla fueron tomados de las bitácoras del proyecto de "Pelágicos Mayores" del CICIMAR, con datos puntuales de la localización geográfica de los lances realizados, durante 1998-99. De los resultados se observa una importante correlación entre las zonas de fuertes gradientes de temperatura-áreas frías, originadas posiblemente por surgencias o por otros fenómenos oceanográficos, con zonas de altas concentraciones de pigmentos clorofilianos, y con áreas importantes de captura de Atún Aleta Amarilla.

SELPER-OCE-02

**ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DEL PLANCTON
EN EL GOLFO DE CALIFORNIA DURANTE EL
EVENTO "EL NIÑO 1997-1998" MEDIANTE
IMÁGENES NOAA-AVHRR, SEAWIFS Y DATOS IN
SITU**

Bernardo Shirasago Germán, Carlos Avalos García, Laura
Sánchez Velasco y Maclovio Obeso Nieblas.
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN
La Paz, B.C.S.

En el Golfo de California se presentan una serie de procesos oceanograficos de gran importancia entre los que destacan las fuertes variaciones de temperatura, los remolinos mesoescalares, corrientes de chorro, surgencias estacionales y procesos de mezcla generados por viento y marea. Lo anterior propicia que el golfo sea una zona altamente productiva y con grandes concentraciones de alimento potencial, jugando un papel fundamental en el desarrollo y/o alimentación de muchas especies que se asocian a tales procesos en alguna etapa de su vida. Además, esta región se ve fuertemente afectada por los eventos El Niño/Oscilación del Sur (ENSO), lo cual se refleja en fuertes variaciones poblacionales.

Este trabajo tiene como objetivo analizar la distribución del plancton en la zona central del Golfo de California durante Diciembre de 1997 y Junio de 1998, épocas en la que se presentó el segundo pico del evento "El Niño 1997-1998" mediante imágenes diarias de temperatura superficial del mar obtenidas de datos NOAA-AVHRR, imágenes semanales de pigmentos clorofilianos derivados de datos SeaWiFS e información obtenida en campo como perfiles de temperatura-profundidad y recolección de plancton.

Los resultados muestran que los valores de temperatura superficial del mar se incrementaron hasta 4°C, de los reportados para invierno-primavera de otros años no afectados por el ENSO, variando entre 17 y 22°C, mientras que en el verano son de 20 a 29.6°C. La temperatura superficial del mar obtenida de las datos AVHRR correspondientes a cada crucero oceanográfico muestran el mismo gradiente de temperatura que los datos in situ, resaltando que durante ambas épocas se registraron las menores temperaturas en la zona de las grandes islas. Además, se puede observar que las mayores concentraciones de biomasa registradas en campo y de clorofila obtenida de las imágenes SeaWiFS, se localizan en zonas con menores temperaturas.

SELPER-OCE-03

**ANÁLISIS DE LAS ZONAS DE SURGENCIAS EN EL
GOLFO DE CALIFORNIA Y COSTA OCCIDENTAL
DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA
MEDIANTE DATOS NOAA-AVHRR Y DEL
ESCATERÓMETRO SEAWINDS DEL QUIKSCAT**

Bernardo Shirasago Germán, Yara García Alvarez, Maclovio
Obeso Nieblas y Laura Sánchez Velasco
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN
La Paz, B.C.S., México

Entre los fenómenos mas destacables que ocurren en las zonas costeras del Golfo de California y Costa Occidental de la Península de Baja California se encuentran las surgencias estacionales. Estas

surgencias estan relacionadas a la dirección del viento y para el Golfo principalmente, estas se encuentra orientado a lo largo de su eje mayor, debido a las cadenas montañosas que lo circundan, soplando del noroeste en invierno y del sureste en verano. Por lo anterior, durante el invierno las surgencias tienden a presentarse en las costas continentales de Sonora y Sinaloa, y en las costas del Pacífico Peninsular. Por el contrario, durante el verano tales fenómenos se hacen presente en las costas del Golfo peninsulares. Estos fenómenos de surgencias se ven manifiestos mediante la presencia de aguas frías en la costa, que corresponden a masas de agua de menor temperatura subsuperficiales que suplen a las superficiales, debido a que estas últimas han sido desplazadas, 90 grados hacia la derecha (hemisferio norte) de la dirección del viento, denominándose Transporte de Ekman. El presente trabajo tiene como objetivo el de analizar la presencia de surgencias en la región de la Península de Baja California mediante imágenes NOAA-AVHRR del tipo HRPT y datos procedentes del Escaterómetro Seawinds, instalado en el satélite QuikSCAT, durante el periodo 2000-2001. La temperatura superficial del mar fue calculada a través de un algoritmo del tipo split window, usando los canales cuatro y cinco de datos NOAA-AVHRR, mediante el procesador de imágenes ERMMapper. Los datos del Escaterómetro Seawinds corresponden al Nivel 3 y fueron suministrados por la NASA a través del Centro POODAC perteneciente al Jet Propulsion Laboratory, los cuales tienen una resolución de 25 km.

SELPER-OCE-04

APLICACIONES DEL RADAR DE APERTURA SINTÉTICA EN EL ESTUDIO DE LAS ZONAS COSTERAS DEL NOROESTE DE BAJA CALIFORNIA Y LA PARTE NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MEXICO

A. Martinez Diaz de Leon
Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

El estudio de las características oceanográficas de las regiones costeras presenta algunos problemas que no se encuentran cuando se estudian las características de mar abierto. En contraste con el mar abierto, los fenómenos oceanográficos que se suceden en las regiones costeras, tales como frentes, giros, oleaje, y ondas internas, tienen escalas espaciales y temporales de variabilidad que van del orden de metros a kilómetros y de segundos a varios días. Esta amplia gama de escalas involucradas representa un problema importante cuando se utilizan las diferentes técnicas de muestreo directo tradicionales. El problema de muestrear adecuadamente determinado fenómeno oceanográfico es quizás la limitación más importante para lograr un adecuado modelado numérico o analítico de los procesos que se suceden en la zona costera. En este trabajo se presentan y discuten una serie de imágenes del radar de apertura sintética (SAR), a bordo del Segundo Satélite Europeo (ERS-2), adquiridas a lo largo de la costa noroeste de Baja California y la parte norte del Golfo de California, México, que muestran una variedad de fenómenos oceanográficos. Se concluye que el SAR es una herramienta muy poderosa en el estudio de los complicados procesos oceanográficos que se suceden en la zona costera.

SELPER-OCE-05

EVIDENCIAS DE LA VARIABILIDAD ANUAL E INTERANUAL DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR EN EL GOLFO DE MEXICO, ANALIZADAS A PARTIR DE DATOS DE SATELITE

Hugo Herrera-Cervantes, Guillermo Gutiérrez de Velasco y
Armando Trasviña C.
CICESE, B.C.S.

Se analizan la variabilidad anual e interanual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el Golfo de México utilizando 8 años de datos AVHRR (1982-1989). El tratamiento de la información se basa en un análisis del campo de anomalías de TSM, a escala anual, interanual y al promedio total. De acuerdo al promedio total, la TSM disminuye del Canal de Yucatán hacia la plataforma continental de Texas, Luisiana y la península de Florida, mientras que su variabilidad aumenta en la misma dirección. La escala anual es la responsable de la mayor parte de la variabilidad de la TSM, como se muestra en el primer modo (91% de la varianza) del análisis de Funciones Empíricas Ortogonales (FEO's). La presencia de la Corriente de "Lazo" es permanente en toda la serie, con pequeñas variaciones en su penetración hacia el norte, no se identificaron en el análisis, desprendimientos de remolinos debido a la escala temporal de los mismos. Una característica tipo "surgencia" se detectó en la Plataforma de Yucatán, durante las estaciones de primavera y verano, asociada con el campo de vientos dominantes (alisios). A escala interanual se presenta al inicio de la serie y hasta finales de 1984, una fuerte disminución de la TSM en todo el Golfo, este "enfriamiento" está asociado con la contaminación atmosférica generada por la erupción del volcán "Chichónal", en abril de 1982 y que afectó la medición del satélite, asimismo enmascaró la presencia de El Niño de 1982-1983. La primer FEO's de variabilidad interanual (58 % de varianza), muestra una señal con periodo aproximado de 5 años, cuyo pico de máximos valores se asocia con el evento de El Niño de 1987. En el campo de anomalías y en el verano climatológico, se identifica la formación y permanencia casi estacionaria de un gran remolino anticiclónico en el centro del Golfo durante un periodo aproximado de 2 años (1986-1987), su diámetro osciló entre 400 y 700 Km. y se cree que sea consecuencia del remanente de la energía asociada con tres remolinos anticiclónicos de menor tamaño desprendidos de la corriente de Lazo y que interactuaron entre sí durante 1985 y principios de 1986. El segundo modo de variabilidad (19% de la varianza) muestra una señal con periodo aproximado de 4 años, que se encuentra fuera de fase con el primer modo.

SELPER-RIE-01

APLICACIÓN DE UN SIG PARA LA ELABORACIÓN DE UN MAPA DE RIESGO EN EL B° CERROS COLORADOS, PROV. DE SAN LUIS, ARGENTINA

Ulacco, H., D. Aguilera, A. Giaccardi y C. Gardini
Depto. de Geología, Universidad Nacional de San Luis
San Luis, Argentina

El Barrio Cerros Colorados ubicado al NE de la ciudad de San Luis, presentó una serie de problemas de índole ambiental con posterioridad a su construcción, entre ellos se destacan asentamiento diferencial de las viviendas, rápida inutilización de los pozos

sépticos y ascenso del nivel freático con anegamiento del terreno.

En ese sentido se decidió desarrollar un SIG con el fin de evaluar la problemática y el riesgo potencial en que se encontraba este núcleo habitacional.

La metodología de trabajo incluyó la utilización de todos los elementos cartográficos existentes en el área de estudio, tales como restitutiones planialtimétricas a escala 1:20000 y fotos aéreas a distintas escalas. Se realizó el mapeo geológico de las distintas unidades litológicas aflorantes en el barrio y zonas aledañas, y se determinaron los cambios en la morfología producidos por la actividad del hombre.

Mediante fotografía aéreas y el Sistema de Información Geográfico (ILWIS-ITC), se procedió a establecer el grado de modificación producida en el área donde se ha situado el barrio, con el fin de generar un mapa de zonificación de la influencia del drenaje preexistente. Dicho mapa comprende las zonas actualmente afectadas y las que estarían propensas a sufrir alguno de los problemas ya mencionados previamente.

El estudio fotogeológico mostró la existencia de una antigua red de drenaje en el sector Este, que actualmente no es visible. En función de esto se realizó el análisis mediante SIG, y utilizando operaciones de cruce de mapas se pudo establecer con precisión la posición de los antiguos cauces en el área urbanizada, los que en algunos casos habrían sido rellenados por material sin compactar y en otros eliminados totalmente.

Se aplicaron operaciones propias de SIG sobre los cauces con el fin de reconstituir la antigua red de drenaje dado que esas zonas son de riesgo potencial para las edificaciones.

Para crear el área de influencia se estableció una distancia constante de 20 metros desde el eje del cauce hacia los bordes, y se confeccionó un mapa de zonificación de riesgo. Los sectores clasificados como de mayor riesgo coinciden con la traza de los cauces más importantes. Las viviendas más afectadas están ubicadas sobre el colector principal, mientras que en los arroyos de menor jerarquía los daños son de carácter incipiente.

Para corroborar la posición de la hipotética red de drenaje reconstituida, se utilizó el método de prospección por Tomografía Eléctrica 2D, dado que existían contrastes resistivos adecuados en el subsuelo. Esta técnica exploratoria mostró que la posición calculada para la red de drenaje era correcta.

SELPER-RIE-02

LA UTILIZACIÓN DE SIG'S EN LA SELECCIÓN DE SITIOS PARA EL EMPLAZAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA DE ALTO RIESGO EN BAJA CALIFORNIA

Judith Ley García
Instituto de Investigaciones Sociales, UABC
Unidad Mexicali, Mexicali, B.C.

En México, la industria manufacturera es la responsable del 83% de los residuos peligrosos que se generan en el país (INE, 2000). Los residuos industriales se consideran peligrosos por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas e inflamables, que se traducen en un daño a la salud de la población y al ambiente.

Se estima que solo el 13% de los residuos peligrosos generados al año, reciben un manejo adecuado, a través de la escasa infraestructura existente, y se desconoce el destino de las aproximadamente 9 millones de toneladas restantes.

Esta situación es mas problemática en los Estados donde se promueven políticas de industrialización, como Baja California, donde la ciudad fronteriza de Mexicali, en los últimos cuatro años ha cuadruplicado su generación de residuos, incrementando con ello la demanda de infraestructura para su manejo adecuado.

Por otro lado, la selección de sitios para el emplazamiento de infraestructura de alto riesgo, se ha caracterizado por representar un conflicto de intereses, donde el interés económico bajo el modelo de "decidir-aplicar-defender", se impone a intereses sociales y ambientales. Por ello, el sitio seleccionado generalmente es producto de un análisis físico puntual, sin considerar las opciones de menor riesgo ambiental, y de mayor aceptabilidad.

La búsqueda de sitios a escala regional que representen un menor riesgo ambiental, y que incorporen criterios de los diferentes intereses involucrados, es el objetivo principal de este trabajo, para ello, ha sido necesario, generar un sistema de información geográfica que incluye variables tanto de riesgo natural, como a receptores del peligro químico, que permitan obtener los sitios de menor riesgo, facilitando con ello la toma de decisión. El trabajo además incluye la jerarquización de los sitios en base a criterios obtenidos de los diferentes actores involucrados, mediante la aplicación de entrevistas.

SELPER-RIE-03

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES PARA LA REGIÓN CENTRAL DE MÉXICO

Lilia de Lourdes Manzo Delgado¹, Salvador Sánchez Colón²,
María Elena García Villagómez¹, Gabriela Gómez Rodríguez¹,
Alma Luz Cabrera¹ y Román Álvarez Béjar³

¹ Instituto de Geografía, UNAM

² Laboratorio de Ecología Vegetal, Depto. de Botánica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN

³ Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM

Circuito Exterior, Cd. Universitaria, D.F., 04510 México

A partir de los puntos de calor registrados durante el período 1997 -1999 en imágenes AVHRR-NOAA14 de alta resolución, se buscó modelar la ocurrencia de incendios forestales en la región central de México. Se construyó un modelo logit que predice la probabilidad de ocurrencia de incendios en función de factores físicos y biológicos del sitio: Altitud, pendiente, exposición, temperatura media anual, precipitación total anual, tipos de vegetación e índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Las variables a incluir en el modelo se seleccionaron mediante una estrategia de selección por pasos usando el paquete GLIM. Las predicciones del modelo obtenido se representaron espacialmente mediante un Sistema de Información Geográfica del área de estudio. La carta resultante de probabilidad de ocurrencia de incendios permitiría identificar las zonas del país de mayor riesgo de incendios forestales y serviría como base para la elaboración de programas de prevención y manejo de incendios.

APLICACIÓN DE SISTEMA GPS PARA LA CORRECCIÓN DE DATOS DEL INSTRUMENTO DE INSPECCIÓN DE DUCTOS DE GAS Y PETRÓLEO PARA CONSTRUIR UN PLANO TOPOGRÁFICO

Sergiy Sadovnychiy, Igor Bulgakov, Juan Manuel López C.,
Alberto Flores Roa y Gabriel Juárez Hernández
Gerencia de Tecnología de Producción, Instituto Mexicano del
Petróleo

En México, país que cuenta con más de 50,000Km de ductos de gas y petróleo, donde algunas de estas tuberías fueron colocadas en las décadas de 1930 y 1940 y muchas más se construyeron en las siguientes dos décadas 1950 y 1960 [1]. Es imprescindible reducir las pérdidas o fugas de material en el proceso de transportación de hidrocarburos. Por lo que es necesario realizar inspecciones periódicas de tuberías y dar a conocer los daños a fases tempranas de evolución.

Dentro de las actividades comprendidas en un eficiente programa de mantenimiento a las tuberías de gas y petróleo, es necesario diagnosticar periódicamente con ayuda de un equipo especial denominado “Diablo” o conocido mundialmente como “Pig”, las fallas en la tubería como son: Abolladuras, Arrugas, Pliegues y Ovalamientos [2]. Para realizar estas detecciones es necesario tener una inspección del perfil topográfico de la línea, es decir, conocer la trayectoria tridimensional del “Diablo” y así tener un rápido acceso a la ubicación de la falla, para realizar reparaciones, interconexiones o sondeos para las corridas de limpieza, y también explicar las posibles causas de algunas de las anomalías geométricas.

Para esta tarea se utiliza un sistema de navegación automático basado en diferentes sensores, tales como giróscopos, acelerómetros, potenciómetros e inclinómetros. La solución clásica a este problema es con el uso de giróscopos; pero este método tiene desventajas tales como el alto costo y la acumulación de errores, lo cual lleva a requerir un sistema de corrección para mejorar la precisión. El “Diablo” trabaja dentro de un tubo metálico y por ello no es posible usar ningún método directo de corrección con sistemas de radio en tiempo real.

En el presente artículo se presenta una parte del sistema de corrección de los datos del sistema de navegación del “Diablo” con base en el Sistema Satelital Global de Posicionamiento (GPS). El sistema de corrección utiliza la señal GPS para la sincronización de la medición del tiempo de los equipos instalados a lo largo del ducto con el fin de detectar los errores de medición.

La corrección de los cálculos de los datos puede realizarse con ayuda de un equipo especial. La idea consiste en que a cada 5-8Km. en lugares pre-determinados se instalen receptores electromagnéticos. Colocando en el “Diablo” un generador de impulsos electromagnéticos que los trasmite a intervalos de tiempo determinados. Cuando el “Diablo” paso por debajo de estos sensores, estos almacenan el tiempo del paso del “Diablo”. La ubicación de cada receptor se calcula con ayuda del GPS en modo diferencial. Además el GPS, cuenta con un reloj interno sincronizado por medio de satélites, que sirve para la sincronización del tiempo del reloj del “Diablo” y para todos los receptores.

En la memoria del “Diablo” además de los parámetros se guardará el tiempo actual. Después de la prueba, las coordenadas de los receptores pueden servir como datos de referencia para los recabados por el “Diablo” en tiempos correspondientes del paso de este por cada receptor. En el siguiente paso, se correlacionarán los datos calculados y los datos de corrección.

Referencias:

Joseph C. Caldwell, 1996, “The state of pipeline safety in the US.” Proceedings of the Pipeline Reliability Conference, Houston, USA.

R.B. Kulkarni and J.E. Conroy, 1991, “Development of a pipeline inspection and maintenance optimization system (phase I). Final Report”, GRI, Chicago, Illinois, No. 38.

SELPER-URB-02

LOCALIZACIÓN DE PLATAFORMAS LOGÍSTICAS EN ZONAS URBANAS CON AYUDA DE IMÁGENES DE SATÉLITE

Enrique Schleske, Angélica Lozano y Juan Pablo Antún
Instituto de Ingeniería, UNAM
E-mail: esd@tutopia.com

Palabras Clave: Plataforma Logística, Localización.

Para lograr un adecuado ordenamiento territorial logístico metropolitano, es necesario disponer de Soportes Logísticos de Plataforma (SLP) que permitan hacer eficiente la distribución de mercancías en zonas urbanas: cross-docking (con o sin inventarios), procesamiento de pedidos y distribución centralizada. Para empresarios de la industria del calzado, se identificó una oportunidad para el desarrollo de un soporte logístico específico llamado Centro de Servicios de Transporte y Logística (CSTyL). Se desarrollaron las bases técnicas para un proyecto ejecutivo, y el problema inmediato radicó en identificar la ubicación estratégica para que esta infraestructura sea exitosa.

Los estudios arrojan que el norte de la Zona Metropolitana del Valle de México es el sitio adecuado según los flujos de mercancías. Sin embargo la superficie a analizar supera los 50 km². A través del uso de una imagen pancromática de satélite de marzo del año 2000 con resolución de 5 X 5 m² por píxel, se logró determinar e identificar, considerando una jerarquización de las vialidades de acceso hacia la Ciudad de México, un conjunto de terrenos disponibles con las dimensiones requeridas para el CSTyL (3 a 10 ha) donde se pudiera desarrollar el proyecto.

En síntesis: la utilización de la imagen de satélite permitió reducir el área de estudio de 50 km² a solamente 42 terrenos, que pudieron ser reconocidos en campo en solamente un día; se ahorró tiempo y se tuvo la certeza de que el estudio fue territorialmente exhaustivo.

Referencia:

Schleske, E., 2001, “Determinación de la Ubicación de un Centro de Servicios de Transporte y Logística para la Industria del Calzado en el Norte de la Zona Metropolitana del Valle de México”, Facultad de Ingeniería UNAM.

SELPER-URB-03

EL APOYO DE LA CARTOGRAFÍA AÉREA PARA EL ESTUDIO DE LA TRANSFORMACIÓN DEL USO DE SUELO (CASO DEL MUNICIPIO DE CUERNAVACA Y SU PERIFERIA)

Rocío Rueda Hurtado

Sistema de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos
E-mail: rrhsab@intermor.net.mx

El estudio de los cambios de régimen de tenencia de la tierra, en la ciudad de Cuernavaca y municipios que lo circundan, ha sido, por un lado, la de la propia organización rural, en este caso ejidal, a la que afecta; y por otro, desde la óptica de la urbanización, que acelera el proceso de transformación del uso rural en urbano.

La urbanización es un factor de transformación de la organización territorial, en la que influye reorganizando el sistema de asentamientos y modificando las relaciones funcionales entre las zonas urbanas y las rurales, especialmente de aquellas con las que limitan.

La investigación cartográfica se basó principalmente en los mapas temáticos editados por el INEGI, así como el de campo, con la finalidad de tener los datos actualizados fueron fundamentales las fotografías aéreas de la zona de estudio, a fin de observar los límites del crecimiento urbano y georeferenciarlo en la carta base, y obtener la mancha urbana. Posteriormente para medir la mancha urbana se digitalizó la carta de la mancha urbana resultado de la información emanada tanto de la cartografía temática como de las fotografías aéreas, y de esta forma obtener la superficie de vegetación, asentamientos humanos, área agrícola y forestal con la ayuda de un planímetro.

El análisis de la expansión del proceso de urbanización sobre el espacio rural se logró gracias al material disponible en cartografía y la interpretación de las fotografías aéreas.

SELPER-URB-04

LA CORRECCION CARTOGRAFICA EN LA CONFORMACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACION CATASTRAL CON LA UTILIZACION DE IMAGEN SATELITAL EN MEXICALI, B.C.

Judith Ley García y Arturo Ranfla González
Instituto de Investigaciones Sociales, UABC
Unidad Mexicali, Mexicali, B.C.

El crecimiento acelerado de las ciudades fronterizas, a partir del Tratado de Libre Comercio, ha significado una creciente demanda de suelo urbano, ello ha incrementado la necesidad de implementar sistemas cada vez mas eficientes, precisos y económicos en el manejo de información en la planeación urbana.

Bajo la necesidad de implementar un sistema de registro inmobiliario, surge el convenio de colaboración No. 8801 entre el Ayuntamiento de Mexicali XVI y la Universidad Autónoma de Baja California, sistema que debe permitir la lectura de la base de datos de diferentes dependencias a nivel predio.

La parte inicial y medular de este proyecto es el trabajo cartográfico, que implica la revisión de las diferentes fuentes digitales existentes, tales como la cartografía manzanera de INEGI, y la cartografía predial obtenida a partir de restitución de vuelos aéreos bajos, donde la adquisición de ésta última representó al municipio en 1993, un alto costo y un largo tiempo, que rebasó su capacidad de actualización.

Con el lanzamiento de IKONOS en 1999, la empresa SpacImage ofrece imágenes de satélite con resolución de un metro cuadrado por píxel, lo que permite la visualización completa de la ciudad, y principalmente, generar una cartografía de mayor precisión, y ajustar la existente.

El objetivo del presente trabajo, es utilizar la imagen IKONOS adquirida el 21 de Marzo del 2000, para realizar el diagnóstico de la cartografía de la ciudad de Mexicali existente, el ajuste de la misma, la incorporación de las nuevas zonas de crecimiento, la incorporación de información catastral en formato alfanumérico, y el diseño de un procedimiento de actualización a partir de imagen que pueda ser implementado en Catastro, para llevarse a cabo por su personal, en futuras actualizaciones.

SELPER-USV-01

COMPARACIÓN METODOLÓGICA DE LA EVALUACIÓN DEL MEDIO FÍSICO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

Juan Juárez Méndez

Lab. de Cómputo y Sistemas de Información Geográfica,
Universidad Autonoma Chapingo

El avance en las propuestas metodológicas del ordenamiento ecológico en México han mostrado preocupación por adquirir evaluaciones realistas del medio físico, y para ello se han hecho consultas a especialistas con la finalidad de hacer más eficiente los procesos de diagnóstico y pronóstico, pasos esenciales en el ordenamiento.

Por tal motivo en la Universidad de Chapingo se a seguido de cerca los cambios metodologicos, pero también se desarrollan herramientas que nos ayudan a precisar las evaluaciones del medio físico, principalmente en lo que respecta al cálculo del índice de calidad ecológica, fragilidad natural y erosión hídrica y eólica del suelo.

Dichos indicadores son de reciente introducción en la metodología oficial propuesta en octubre del año 2000, y utilizados en el estudio de ordenamiento del estado de Colima.

El objeto de este trabajo fue el de evaluar los resultados producto del diagnóstico del medio natural adicionando a la propuesta oficial, metodologías de evaluación en la vegetación y suelo que permitieron tener más precisión en los resultados obtenidos en los índices arriba mencionados.

SELPER-USV-02

DETECCIÓN DE FALSOS CAMBIOS EN LA COMPARACIÓN DE LA CARTOGRAFIA DE VEGETACIÓN DE INEGI (1993) CON EL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL 2000

R. Castro, J.F. Mas, A. Velázquez, J.R. Díaz, T. Fernández y
R. Mayorga
Instituto de Geografía, UNAM
Circuito Exterior, CD. Universitaria, Coyoacán, D.F.

El monitoreo de los cambios de uso del suelo y vegetación se puede llevar a cabo con base en la comparación de mapas de dos fechas como los de INEGI serie II (1993) y del último inventario forestal nacional (2000).

La presencia de cambios no reales al realizar esta comparación expresa problemas de interpretación en ambas bases cartográficas. La localización, cuantificación y corrección de este tipo de inconsistencias es importante para poder realizar estudios posteriores que tengan como propósito el análisis de los cambios en la cobertura vegetal durante el periodo que estas cubren.

Este trabajo se realizó como primera fase del estudio de los cambios de la vegetación a escala 1:250,000, utilizando diferentes niveles de agregación de la leyenda: Formación, Tipo, y Comunidad, este ultimo refleja una mayor cantidad de inconsistencias en los cambios mientras que a nivel de formación se presentan un menor numero, lo anterior nos muestra que al bajar el nivel de agregación de la vegetación el numero de áreas de confusión aumenta.

Se obtuvieron datos estadísticos por condición de cambio a nivel nacional, de estos se seleccionaron los cambios no reales los cuales fueron cartografiados de manera individual para su revisión visual y en caso necesario para su posterior corrección e incorporación a la cartografía inicial.

Como resultado se obtuvo una cobertura digital nacional multifecha corregida a un nivel de agregación de Formación, también se generó una cobertura regional (zonas UTM 15 y 16) con corrección a un nivel de agregación de Tipo.

SELPER-USV-03

EL USO DE SENSORES REMOTOS EN LA EVALUACIÓN DE CAMBIOS AMBIENTALES: DEGRADACIÓN DE CUENCAS Y SUS IMPLICACIONES HIDROLÓGICAS

Jaime Garatuza y Christopher Watts
Instituto Tecnológico de Sonora
Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo del Estado de Sonora

Dentro de los recursos naturales que soportan las necesidades humanas y el desarrollo económico, el agua es, obviamente, de especial importancia, tanto en términos de calidad como de cantidad. Este soporte dependerá grandemente de las relaciones espaciales y temporales entre los recursos potenciales y actuales, relaciones que son gobernadas, primeramente, por las características principales del ambiente. Algunas de esta características son permanentes, en la escala de tiempo humana, como la topografía o morfología, mientras que otras pueden ser afectadas por cambios

estacionales o inter-anales. En esta última categoría, el estado de la cobertura vegetal es, por mucho, el factor que controla la transformación entre los recursos hidráulicos potenciales y los actuales. Cualquier cambio que afecte estas características superficiales, ya sea debido a razones naturales o impactos antropogénicos, tendrá consecuencias directas en los recursos hidráulicos efectivamente disponibles. Por esto, cualquier plan de manejo debe tomar en cuenta los cambios en las características superficiales de la cuenca. Especialmente dentro del sistema suelo-vegetación-atmósfera, la cubierta vegetal y el substrato morfopedológico son los dos dominios para los cuales es necesario definir y cuantificar parámetros biofísicos.

Con el fin de evaluar las relaciones que existen entre tales cambios en el terreno y dichas características, se realizó el presente trabajo en la Cuenca del Río Yaqui, considerando que en la escala de tiempo de la vida humana, el tipo y condición de la cubierta vegetal son, probablemente, las características mas importantes de la cuenca que pueden ser afectadas por cambios, considerandosa cambios estacionales e inter-anales ya que su impacto en los procesos hidrológicos superficiales son muy diferentes.

La cuenca del Río Yaqui es un área geográfica diversa con un gran rango de topografías, climas, recursos biológicos, usos del suelo, recursos hidráulicos e instituciones socio-políticas, con una extensión de 74,472 km², precipitaciones que van de los 300 a los 1400 mm al año y un escurrimiento medio anual conjunto aproximado de 3800 millones de metros cúbicos. El escurrimiento de estas cuencas se almacena en tres presas con una capacidad total aproximada de 7000 millones de metros cúbicos que son usadas para generación de energía, control de avenidas, riego, consumo humano, exportación a cuencas vecinas y recreación.

Utilizando imágenes mensuales de índices de vegetación (NDVI) de 1980 al 2000, con una resolución de 0.1 grados y de 1 km para las décadas de 1970, 1980 y 1990, se estudiaron los cambios estacionales de la cubierta vegetal en la totalidad de la cuenca del Río Yaqui. Estos cambios fueron relacionados con procesos de adaptación a las condiciones naturales, al clima regional, a los patrones de precipitación y a la distribución de suelos. Los resultados muestran una cercana relación con la variabilidad estacional de la precipitación y con la variabilidad inter-anual provocada por fenómenos de escala global como ENSO. Estos resultados contribuirán a mejorar la comprensión de como los cambios futuros en la cubierta vegetal se relacionan con los cambios pasados, tanto en velocidad como en severidad. Esta información ayudará a los administradores a estar preparados para enfrentar cambios radicales.

SELPER-USV-04

ANÁLISIS COMPARADO DE LA COBERTURA VEGETAL DEL MANGLE EN LA PARTE NORTE DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE SIAN KA'AN QUINTANA ROO, MÉXICO

Bastida-Villalobos Victor, Yáñez-Trujillo Luis, Martínez-Méndez Luis Antonio, González Mota Flavio, Aguilar-Alejandre José Luis y Rodríguez-Jiménez A.
Laboratorio SIGPER, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa
E-mail: jarana@hotmail.com

Dentro del proyecto de cooperación internacional para la región del Caribe México-Cuba denominado Telemar-Caribe, están siendo tratados los aspectos de conservación de los ecosistemas marinos y costeros de alta diversidad, donde los bosques de mangle, considerados ecosistemas frágiles, tienen un énfasis especial. En el presente trabajo se estimó la extensión y localización del manglar en una parte de la reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, y se identificaron los cambios en su cobertura en el tiempo de la obtención de los datos. La metodología utilizada consistió en la digitalización con el SIG Arc-Info, de las cartas topográficas de la zona escala 1: 50 000 de INEGI de 1987, las de uso de suelo y vegetación escala 1:250 000 de 1984, y la editada por el CIQRO y Gobierno del estado de Quintana Roo, basada en fotografías aéreas de 1981 escala 1:250000. Se obtuvo la información digital de la CONABIO para el estado de Quintana Roo y la del Inventario Nacional Forestal basado en imágenes Landsat TM de 1993. Se estimó la superficie y ubicación del bosque de mangle mediante una clasificación supervisada de las imágenes Landsat TM de 1993 a la cual se le hizo un recorte de la zona de interés en el software para procesamiento de imágenes GRASS. Se utilizó el compuesto a color 451 ya que esta combinación de bandas fue la que mejor información espectral proporcionó del manglar. La información obtenida de la imagen se cruzó con la información digitalizada topográfica, de uso de suelo y vegetación, la del Inventario Nacional Forestal de 1993 y la de la CONABIO. Por último se realizó una salida de campo con el fin de verificar y georreferenciar los polígonos de bosque de mangle obtenidos mediante el procesamiento digital de la imagen de satélite y las áreas reales. Los resultados se integraron al SIG de Proyecto Telemar-Caribe en forma de: 1) Mapas digitales e impresión de los polígonos de interés, 2) Archivos de imágenes multitemporales procesadas y 3) bases de datos georreferenciadas de la zona.

SELPER-USV-05

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA VEGETACIÓN CON IMÁGENES DIGITALES DE DIFERENTE RESOLUCIÓN ESPACIAL, EN UNA ZONA MONTAÑOSA DEL ESTADO DE MICHOACÁN: RESULTADOS PRELIMINARES

José López García y Alvaro Vega Guzmán
Instituto de Geografía, UNAM

El uso de imágenes digitales es cada vez más común en estudios del medio físico y su aplicación depende de la escala de trabajo y de los objetivos del estudio. Es por ello que, tomando como referencia imágenes AVHRR-NOAA (enero de 1999 y mayo de 2000), Landsat 7 ETM+ (mayo 2000) y fotografías digitales

(enero de 1999), se llevó a cabo una comparación de la respuesta espectral de diferentes coberturas vegetales. Se seleccionaron 4 áreas de aproximadamente 4 Km² cada una, las cuales fueron identificadas en las fotografías digitales (resolución 1m por pixel) y se verificaron en campo. Los 4 sitios de interés se ubicaron en las imágenes AVHRR y Landsat y se obtuvieron los valores espectrales con los que se llevó a cabo la comparación con un alto nivel de referencia. Se considera que los resultados servirán para conocer mejor el comportamiento espectral de la vegetación a diferentes escalas, con lo cual se podría realizar una mejor clasificación del uso del suelo y vegetación.

SELPER-USV-06

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS NDVI OBTENIDOS CON LOS SENSORES SEAWIFS Y LANDSAT-ETM

R. Aguirre, J.L. Palacio, G. Gómez, J.F. Mas, T. Fernández, M. Luna, A. Morelos y J. Aboytes
Instituto de Geografía, UNAM

El objetivo del presente trabajo es mostrar las diferencias y semejanzas encontradas en los índices de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) obtenidas mediante los sensores SeaWiFS y LANDSAT-ETM. Los mapas NDVI abarcaron la totalidad del territorio nacional.

Se tomaron como punto de comparación los NDVI obtenidos con el sensor ETM y sobre estos se compararon los obtenidos con el sensor SeaWiFS. Esta consideración está basada en el hecho de que el sensor SeaWiFS no fue diseñado para estudios de vegetación terrestre. Para la verdad de campo se consideraron los resultados obtenidos en el Inventario Forestal Nacional 2000-2001.

El análisis muestra, en general, una buena correlación de los NDVI obtenidos con el sensor ETM. Para el caso de los NDVI obtenidos con el sensor SeaWiFS la correlación es buena para la vegetación con gran contenido de humedad, la cual se localiza, principalmente, en las zonas costeras del país.

SELPER-USV-07

ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE SIAN KA'AN QUINTANA ROO, MÉXICO POR MEDIO DE IMÁGENES LANDSAT (PROYECTO TELEMAR-CARIBE)

Yáñez-Trujillo, L., Bastida Villalobos, V., Mojena E., Martínez M.L., Aguilar A. J.L. y Gonzales, M.F.
Lab. SIGPER, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa

Dentro del proyecto de cooperación internacional para la región del Caribe México-Cuba Telemar-Caribe, son tratados los aspectos de conservación de los ecosistemas marinos y costeros de alta diversidad. En el presente trabajo se estimó la extensión y localización actual del manglar y la vegetación y se identificaron los cambios en su cobertura vegetal en el tiempo. La metodología consistió en la digitalización en Arc-Info, de las cartas topográficas de la zona, escala 1: 50 000 de INEGI de 1986 y la de uso de suelo editada por el gobierno del estado de Quintana Roo de 1983; se estimó la superficie y ubicación del bosque de mangle mediante una clasificación no supervisada y supervisada de las imágenes Landsat TM de 1993 y 2000, utilizando el compuesto a color 451 con el

software Tele-Map , lo anterior fue con el fin de encontrar diferencias entre estos dos lapsos de tiempo. La información obtenida se comparo con la información digital topográfica y de uso de suelo.

Por último se realizaron campos de entrenamiento con el fin de verificar y georreferenciar los polígonos de vegetación obtenidos mediante el procesamiento digital de las imágenes de satélite y las áreas reales. Los resultados se integraron al SIG de Proyecto Telemar-Caribe como: 1) Mapas digitales e impresión de los polígonos de interés, 2) Archivos de imágenes multitemporales procesadas y 3) bases de datos georreferenciadas de la zona y actualmente se encuentran en procesamiento la información para simular posibles tendencias y proponer acciones de manejo.

SELPER-USV-08

ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS A TRAVÉS DEL TIEMPO EN LA CUBIERTA VEGETAL DEL ESTADO DE NAYARIT MEDIANTE IMÁGENES LANDSAT MSS, SIG'S Y MODELOS LOGIT MULTINOMIALES

Salvador Sánchez-Colón
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN

La cada vez mayor disponibilidad de información de sensores remotos de diferentes resoluciones espaciales, espectrales y temporales permite examinar no sólo características estáticas (e.g. extensión y distribución espacial) sino también algunas características funcionales (e.g. fenología, producción primaria, etc.) de los ecosistemas, tanto a diferentes escalas como a diferentes tiempos. Esto abre la posibilidad de monitorear los cambios que se dan en la vegetación a través del tiempo.

En este trabajo, propongo una estrategia para examinar los cambios experimentados por la vegetación, desde su distribución original o potencial, su modificación a través del tiempo y hasta su estado actual, mediante la combinación de imágenes de satélite, SIG's y modelos logit multinomiales.

El procedimiento combina información de campo con información geográfica-ambiental (organizada en un SIG) para ajustar un modelo logit multinomial que describe la relación entre la distribución de la vegetación y los factores ambientales y predice la probabilidad de ocurrencia de cada tipo de vegetación natural. Cuando el modelo se acopla al SIG puede entonces calcularse la probabilidad de que cada tipo de vegetación ocurra en un píxel dado (de todos los que componen el área de estudio), en función de sus características ambientales. Al identificar al tipo de vegetación más probable de cada píxel, se puede generar un mapa de la distribución potencial de los tipos de vegetación natural de la zona de estudio.

Por otra parte, las probabilidades predichas por el modelo pueden luego incorporarse, como probabilidades a priori, al clasificador bayesiano de máxima verosimilitud para clasificar imágenes de satélite multitemporales, con base tanto en las características ambientales como en las propiedades radiométricas de cada píxel. Este enfoque produce clasificaciones más exactas y consistentes que los métodos usuales y permite examinar los cambios sufridos a través del tiempo.

Para ilustrar la aplicación de esta estrategia, presento los resultados del análisis de los cambios en la cubierta vegetal del Estado de Nayarit, a partir de imágenes LANDSAT-MSS multitemporales (1973, 1986 y 1992) y un SIG (derivado de las cartas de INEGI escalas 1:50,000 y 1:250,000) que contiene cinco capas de información: Altitud, Temperatura media, Precipitación media anual, Edafología y Geología superficial.

SELPER-USV-09

AUTOMATIZACIÓN DEL INDICE DE EROSIÓN HÍDRICA Y EÓLICA PROPUESTA EN LA METODOLOGÍA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

Gustavo Arevalo Galarza, Antonio Maldonado Estrella, Juan Juárez Mendez y Roberto González Gómez
Depto. de Suelos, Universidad Autonoma Chapingo

El ordenamiento Ecológico del Territorio (OET) es un instrumento eficaz para extender la políticas de conservación de ecosistemas y recursos naturales más allá de los límites de las áreas naturales protegidas. Debido a ello es una metodología multidisciplinaria que se caracteriza por la manipulación de una gran cantidad de información y variables que provienen de diferentes fuentes, lo que hace una tarea compleja.

Actualmente las herramientas que facilitan dicha manipulación como son los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrecen multiples métodos para hacerlo de una forma sencilla y rápida, con miras a reducir los costos del proyecto.

Por lo anterior se llevó a cabo la programación del algoritmo que calcula el índice de Erosión hídrica y eólica propuesta en la etapa de caracterización dentro de la Metodología de Ordenamiento Ecológico (INE,2001) dentro del sistema ArcView con el lenguaje AVENUE.

El proceso automático consiste en calcular las variables correspondientes a : la Erodabilidad del suelo (CAERO), y Textura (CATEX), Longitud de la pendiente (CATOP), Uso del suelo y vegetación (CAUSO) y la agresividad de la lluvia (IALLU). Además de un proceso automatizado para rasterizar estos temas y realizar el cálculo cartográfico paramétrico multiplicativo, el cual nos muestra los resultados de pérdida de suelo en toneladas/hectárea/año.

En este trabajo se presentan los avances de la automatización aplicados al estado de Colima. En términos prácticos se estimó que el proceso de cálculo para este índice con un total de 1600 polígonos fue de apenas algunos segundos, comparado con los métodos tradicionales que consumieron 40 horas con personal especializado.

METODOLOGÍA PARA EVALUAR FRONTERAS AGRÍCOLAS A NIVEL DE CUENCAS HIDROLÓGICAS

S. Jaimes García¹, B.D. Robles Rubio¹, M. Íñiguez Covarrubias¹, R. Armendaris Rúbio² y M. Villarreal Pulido²

¹ Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

² Comisión Nacional del Agua

La metodología identifica, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos, las posibilidades de expansión de la frontera agrícola a nivel de cuencas hidrológicas. Lo anterior es posible mediante el estudio y análisis espacial de información temático-estadística y cartográfico-espacial de los factores limitantes que interactúan entre sí para determinar la potencialidad agrícola de los suelos. Como estudio de caso se elige la Cuenca del Río Fuerte, Sin.

La metodología permite identificar las clases del suelo de acuerdo a su aptitud agrícola. La información temática, principalmente la cartográfica-espacial (pendientes, fases físicas y químicas de los suelos, plano agroclimático, uso de suelo, edafología, entre otra), es clasificada, de acuerdo a la información representada en cada uno de ellos y analizada por un grupo de especialistas multidisciplinario que toma como base la clasificación de suelos utilizada por INEGI. Después de dicha clasificación, se analiza la importancia que representa cada tema en la definición del grado de aptitud agrícola del suelo y se asigna un factor variable como peso de importancia. Con el software IDRISI se realizan diversas operaciones espaciales y se genera un plano que muestra la distribución geográfica del grado de aptitud agrícola del suelo. Posteriormente del plano de uso actual se eliminan las áreas productivas (distritos de riego), además de aquellas áreas, que por su condición, no lo pueden ser (cuerpos de agua, pantanos, entre otras) y se sobrepone al plano de aptitud, previamente generado, y como resultado se obtiene el plano de frontera agrícola de la cuenca hidrológica estudiada.

SELPER-USV-11

EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE DEFORESTACIÓN EN EL SURESTE DE MÉXICO (1993-2000)

José R. Díaz Gallegos, Jean Francois Mas, Alejandro Velázquez, Gerardo Bocco y Rutilio Castro.

Instituto de Geografía, UNAM

Apdo. Postal 20-850, México, D.F., 01000, México

En la actualidad los estudios sobre la dinámica de los cambios en el uso del suelo y de deforestación son importantes y necesarios por que proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada.

En el sureste de México existen diversos estudios que han analizado los procesos de deforestación y la dinámica del cambio de uso del suelo utilizando diversas fuentes cartográficas, escalas distintas y con leyendas muy diferentes, por lo que la comparación es imposible, además de que no sería válido obtener un indicador promedio de estos procesos. Este estudio se realizó con la finalidad de conocer la deforestación a nivel de formación y de tipo de

vegetación para el sureste mexicano.

Para llevar a cabo este estudio, se utilizaron las bases geográficas digitales de INEGI 1993 y del Inventario Nacional Forestal (2000) proporcionadas por el Instituto de Geografía de la UNAM. La primera fase de este trabajo consistió en detectar y resaltar los cambios reales y falsos cambios sobreponiendo ambas bases cartográficas, posteriormente las inconsistencias entre las bases de datos fueron verificadas y en su caso corregidas en formato impreso en escala 1: 250,000, para esta fase se utilizaron simultáneamente las imágenes de satélite de ambas fechas. Por último, las bases geográficas fueron corregidas digitalmente a nivel de polígono y de etiquetas, se empleó como base la leyenda del inventario del 2000.

Con base en los resultados obtenidos, se puede decir que la dinámica del cambio de uso del suelo en el sureste de México presenta diferentes patrones a nivel estatal y municipal, los estados que presentan la mayor pérdida de cobertura vegetal son Veracruz y Tabasco. A nivel de formación se encontró que las selvas son las que han presentado la mayor reducción de su superficie.

SELPER-USV-12

CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO DE CUENCAS HIDROLÓGICAS PARA SU REHABILITACIÓN MEDIANTE EL EMPLEO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, PERCEPCIÓN REMOTA Y CARTOGRAFÍA DIGITAL

Alfredo Gomez Garzon

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Con el objetivo de aportar herramientas en favor de la "Cruzada por los bosques y el agua", el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua en la Subcoordinación de Conservación de Cuencas, se ha dado a la tarea de aplicar metodologías que permitan la rehabilitación de cuencas hidrológicas; Para este fin se han estado empleando los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la Percepción Remota, ya sea mediante Imágenes de Satélite, Ortofotos digitales y Modelos de Elevación Digital.

Para lo anterior se ha desarrollado una metodología que permita la caracterización del medio físico de las cuencas hidrológicas en forma rápida y fácil, para lo que se emplea el SIG, donde se realiza el procesamiento de la información (digitalización, manejo de bases de datos, análisis espacial y obtención del estado actual de los recursos naturales agua, suelo y plantas en las cuencas), además de actualizar información con el empleo de imágenes de satélite, y generar mapas como el de pendientes mediante el modelo de elevación digital.

Con estos resultados se subdivide la cuenca en unidades hidrológicas menores (subcuencas específicas y/o microcuencas), cuyo tamaño permita el inicio de las acciones de rehabilitación como proyecto piloto (esta actividad se realiza en forma manual y mediante software).

Realizada la caracterización se realiza el análisis de la información obtenida, Y mediante recorridos de campo para corroborar la información se van definiendo las acciones a implementar mediante un Plan de Trabajo denominado Plan Rector de Producción y Conservación, donde se plasman la cartografía de la microcuenca y la planeación para la rehabilitación de la misma

(prácticas de conservación de agua y suelo (agronómicas, vegetativas y mecánicas), así como infraestructura menor de apoyo a la conservación, organización de la sociedad civil. Cabe mencionar que para la implementación de este Plan se cuenta con la participación de los habitantes de la microcuenca, para definir donde, cuando y cuanto se va realizar de cada acción para rehabilitar la microcuenca con la asesoría del IMTA.

Una vez elaborado el Plan de Manejo para la rehabilitación se procede a evaluar en forma financiera y económica para su financiamiento.

Una vez concluidas las actividades se busca integrar un Sistema de Información Geográfica de la microcuenca que contemple todas las acciones de manejo y rehabilitación enunciados en el Plan Rector de Producción y Conservación.

Entre los trabajos en los que al IMTA se le han solicitado sus servicios para esta tipo de acciones se encuentran la Cuenca Valle de Bravo, Cuenca Villa Victoria, en el estado de México; Subcuenca del Río Tembembe, San Andrés de la Cal, Apatlaco, Microcuencas del Río Ahuehuetzingo e Ixtlilco el Chico, en el estado de Morelos; Cuenca cerrada Laguna Seca, Microcuenca del Estado de Guanajuato, Mapa de Microcuenca del Estado de Guanajuato y Subcuenca la Purísima; Subcuenca del Río Huacapa-Río Azul en el estado de Guerrero; Subcuenca del Río Vado Ancho y Novillero en Chiapas, así como acciones de capacitación y asesoría tanto a nivel nacional a Instituciones como CNA, FIRCO, Gobiernos estatales y municipales de Guanajuato, y en países como el Salvador, Nicaragua, Bolivia.

SELPER-USV-13

CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES CON REDES NEURALES

J.F. Mas y C. Alcántara
Instituto de Geografía, UNAM

La clasificación de imágenes con base en la información espectral no permite, a menudo, alcanzar resultados que presenten una confiabilidad satisfactoria. La confusión entre diferentes categorías que se pretende distinguir vuelve las imágenes clasificadas poco utilizables para la toma de decisiones. El uso de variables adicionales, como la elevación o el tipo de suelo por ejemplo, utilizando redes neurales es una alternativa prometedora para mejorar estas clasificaciones. En este trabajo, se llevó a cabo la clasificación de las coberturas del suelo de una región del Estado de Chihuahua utilizando una imagen Landsat ETM + y datos adicionales derivados de un modelo digital de elevación. Se evaluó la confiabilidad de las imágenes clasificadas con base en sitios de verificación caracterizados con fotografías aéreas digitales. Se comparó el desempeño del enfoque neural con aquello obtenido con el método de máxima verosimilitud.

SELPER-USV-14

EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE DEFORESTACION A TRAVES DE DOS FUENTES CARTOGRAFICAS EN LA PENINSULA DE YUCATÁN

José R. Díaz Gallegos y Jean Francois Mas
Instituto de Geografía, UNAM
Apdo. Postal, #20-850, México, D.F., 01000, México

En las ultimas tres décadas se han incrementado en forma importante los estudios de cambios de uso del suelo y de deforestación debido al creciente interés para conocer las tendencias en los procesos de degradación y pérdida de biodiversidad a nivel mundial.

Estos estudios pueden estar presentando un importante nivel de incertidumbre ya que están sujetos a diferentes fuentes de error, entre los que destacan las diferencias entre sistemas de clasificación utilizados y los métodos de cartografía. Este trabajo se realizó con la finalidad de analizar los efectos de estos factores sobre la evaluación de los índices de deforestación.

Este estudio se llevó a cabo en la porción noreste de la reserva de la biosfera de Calakmul en la península de Yucatán. Se utilizaron dos fuentes cartográficas de tipos de vegetación y uso del suelo, considerando el mismo periodo de análisis. La primera fuente es el resultado del análisis de dos imágenes Landsat TM 1993 y 1999 con base en el sistema de clasificación vegetal establecido por el TREES (Tropical Ecosystem Environment Observations by Satellites). La segunda fuente fue la utilizada en el Inventario Nacional Forestal del 2000, en la cual se actualizaron mapas de INEGI de 1993 al 2000.

Los resultados de la dinámica del cambio de usos del suelo obtenidos con ambas fuentes cartográficas presentan discrepancias. Se analizan las causas de estas, entre las cuales destacan las diferencias entre los sistemas de clasificación adoptados y el mínimo mapeable, entre otros.

SELPER-USV-15

CAMBIO DE USO DEL SUELO EN LA LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE UTILIZANDO TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN VISUAL

Valentino Sorani¹, Luis Yáñez-Trujillo², Luis Antonio Martínez Méndez², Victor Bastida Villalobos², José Luis Aguilar Alejandre², Flavio González Mota² y Ernesto Soto Galera³

¹ Laboratorio Interdisciplinario de Sistemas de Información Geográfica (LISIG), Centro de Educación Ambiental e Investigación Sierra de Huautla, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

² Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota (SIGPER), Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa

³ Instituto Mexicano del Petróleo

En las áreas aledañas a la Laguna de Términos, Camp., las actividades petroleras y la ganadería han modificado la distribución de los diferentes usos del suelo. Con la finalidad de evaluar estos impactos se realizó una comparación entre diferentes imágenes de satélite Landsat Multispectral Scanner del 1974 y Thematic Mapper

(TM) de los años 1986, 1992 y 2000. La clasificación de vegetación utilizada es una simplificación de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) que se adaptaba al objetivo del trabajo que consistía en una evaluación global de la pérdida de la vegetación natural. Las imágenes se georreferenciaron y se remuestraron a 60 m, y se elaboraron compuestos de color de las bandas 4,2,1 en el caso de MSS y 4,5,3 en el caso de TM. En todos los casos se aplicó un ajuste de histograma. Utilizando el programa Adobe Photoshop, versión 5.5, las imágenes se juntaron en un único archivo donde se superpusieron en capas por cada fecha *f* (cf). Se procedió luego a la interpretación utilizando varias funciones de selección de píxeles (crecimiento de regiones, delimitación con polígonos, selección de píxeles similares) con la finalidad de extraer, en un proceso interactivo de interpretación visual, todos los píxeles pertenecientes a una clase *k* y aislarlos en una capa independiente (ckf). El método permite de una manera muy sencilla operar las selecciones con base en la información multitemporal de varias cf. Al final se atribuyó a todos los píxeles de una ckf el color elegido para la clase *k*. Se obtuvo el mapa de cada fecha al juntar todas las ckf de una misma fecha en un proceso de sobreposición. Los archivos se importaron en un sistema de información geográfica para cálculo de áreas y elaboración de matrices de cambio. Los resultados indican que la pérdida de superficie forestal anual es más importante en el periodo 74-86 con respecto al periodo 1986-1992 y 1992-2000.

SELPER-USV-16

EVALUACIÓN DE PROCESOS DE CAMBIO DE USO DEL SUELO CON BASE EN IMÁGENES DE SATÉLITE

R. Zetina y J.F. Mas

Centro EPOMEX, Universidad Autónoma de Campeche

El objetivo general del presente estudio es la evaluación de la efectividad de la percepción remota y los sistemas de información geográfica como una herramienta para evaluar los procesos de cambio en el uso del suelo, mediante la comparación de diferentes técnicas de procesamiento de imágenes de satélite.

Para el presente trabajo se eligió como zona de estudio el Área Natural de Protección de Flora y Fauna "Laguna de Términos" y su área adyacente, debido a que esta constituye el sistema lagunar estuarino de mayor volumen y extensión del país.

Se utilizaron cortes de 2 imágenes Landsat TM de las fechas 1991 y 2000 previamente corregidas geométricamente para ajustar los posibles errores con respecto a las características del terreno. Con el fin de compararlas, se aplicaron diferentes técnicas de procesamiento digital (diferencia de índice de vegetación, análisis de componentes principales, clasificación no supervisada multifecha) e interpretación visual (clasificación interdependiente y comparación postclasificatoria). Se evaluó la efectividad de cada método con base en sitios de verificación para los cuales se analizaron fotografías aéreas. La información de estos sitios de verificación se comparó a las imágenes de cambio a través de matrices de confusión y se calcularon índices de confiabilidad.

SELPER-USV-17

EVALUACIÓN DE VEGETACIÓN ARBUSTIVA SECUNDARIA USANDO UN INVENTARIO MULTIFÁSICO

Eduardo J. Treviño Garza¹, Alfonso Gómez López², José Verastegui Chavéz³ y Wilber Salinas Castillo¹ Facultad de Ciencias Forestales, UANL² Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora³ INIFAP, Campo Experimental General Terán, UAMAC, Universidad de Tamaulipas

Los inventarios para cuantificar los recursos forestales se realizan por lo general utilizando diversas técnicas de muestreo, esas tareas implican en lo general medición directa de variables del arbolado en campo, como son diámetro, altura, cobertura etc. A principios del siglo pasado se inició con la aplicación de técnicas de medición indirectas de algunas de estas variables mediante el uso de fotografías aéreas. Con el desarrollo de la tecnología satelital se abrieron desde la década de los setenta una nueva posibilidad de obtener información de los recursos naturales de la Tierra, esta información procesada en sistemas de cómputo permite realizar análisis visuales o digitales para cuantificarlos y conocer su dinámica en áreas extensas.

Los conceptos geoestadísticos constituyen una alternativa a las técnicas de muestreo clásico, asumiendo que las unidades muestra no son independientes y que la correlación puede ser usada en el modelo geoestadístico, el cual requiere de un ligero muestreo sistemático o aleatorio (Boisseson, 1989).

Siguiendo estos principios se aplicó un inventario multifásico para determinar la relación estadística entre los valores obtenidos al procesar materiales provenientes de la percepción remota con los valores de volumen de 14 especies maderables del matorral secundario en el municipio de Linares, Nuevo León.

Se empleó información de tres materiales con diferente resolución correspondientes a los meses de junio y julio de 1994: una imagen de satélite el sensor TM (mapeador temático), así como dos juegos de fotografías aéreas, escalas 1: 40 000 (vuelo alto) y 1:20 000 (vuelo bajo). El trabajo de campo se realizó los meses de junio y julio de 1997.

La vegetación fue estratificada considerando las comunidades primarias y secundarias del matorral, así como otros tipos de usos. Se seleccionaron una muestra de los valores espectrales en 148 sitios de la imagen de satélite (IS) correspondientes al matorral secundario. De esta muestra se seleccionó una submuestra que se separó en las fotografías de vuelo alto (VA) consistente en 30 sitios en donde fue interpretada la cobertura del matorral. En las fotografías áreas de vuelo bajo (VB) se separaron 18 sitios en los que se obtuvieron los valores fotogramétricos de los que se estimó la cobertura. De estos sitios se seleccionó una submuestra de 10 sitios en donde se levantaron en campo (CA) la estructura vertical, horizontal y florística de la comunidad vegetal. Con esta información se derivó la cobertura y el volumen de las especies maderables que lo componen.

Se determinaron valores de relación entre el volumen y los correspondientes a los valores espectrales de la banda cuatro del sensor TM correspondiente a región del infrarrojo cercano, los valores de cobertura estimados en las fotografías de ambas escalas

y los valores de cobertura determinados en campo encontrándose los siguientes coeficientes de correlación: IS-CA=0.6746, VA-CA=0.8477, VB-CA=0.7834 y CA-CA=0.8787

Utilizando los procedimientos estadísticos propios de este muestreo se calculo el volumen para cada nivel resultando los siguientes valores para el volumen total de las 14 especies: IS=23.9 m³/ha (± 3.3), VA=21.22 m³/ha (± 7.66), VB=25.22 m³/ha (± 9.95) y CA=20.76 m³/ha (± 15.8).

SELPER-USV-18

EVALUACIÓN DEL SENSOR SEAWIFS EN LA OBTENCIÓN DE ÍNDICES DE VEGETACIÓN

R. Aguirre, J.L. Palacio, G. Gómez, J.F. Mas, M. Luna, T. Fernández, A. Morelos y J. Aboytes
Instituto de Geografía, UNAM

En este trabajo se presenta la metodología empleada para obtener índices de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) de la República mexicana utilizando el sensor SeaWiFS. Aunque este sensor está diseñado específicamente para obtener información del color del mar, cuenta sin embargo con las bandas roja (670 nm) e infrarroja (765 nm), indispensables en el cálculo del NDVI.

La radiancia de saturación de la banda infrarroja fue corregida por un factor de peso para tener la misma ganancia que la banda roja y así poder comparar los NDVI obtenidos con este sensor con los derivados de otros instrumentos (e. g. AVHRR y TM).

Los resultados muestran que los NDVI obtenidos con SeaWiFS dan una mejor correlación con la vegetación de zonas tropicales que con las de zonas áridas. Este resultado está basado mediante la comparación de estos resultados con la información generada en los mapas del Inventario Forestal Nacional 2000-2001.

SELPER-USV-19

MEJORAMIENTO DE LA CLASIFICACIÓN DIGITAL DE IMÁGENES DE SATÉLITE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE INFORMACIÓN AMBIENTAL A TRAVÉS DE MODELOS LOGIT MULTINOMIALES

Salvador Sánchez-Colón
Depto. de Botánica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas,
IPN

Los métodos usuales de procesamiento digital de imágenes de satélite para obtener cartas temáticas (e.g. de vegetación y uso del suelo), generalmente se basan sólo en los datos espectrales e ignoran la información geográfica o ambiental (e.g., topográfica, climatológica, etc.) que puede estar disponible y que podría ayudar a una mejor clasificación. Las clasificaciones resultantes suelen contener inconsistencias y errores de confusión que afectan su confiabilidad, comúnmente hasta niveles tan bajos como 60-70%.

Desde hace tiempo se ha reconocido la conveniencia de integrar la información geográfica o ambiental disponible al proceso de interpretación y análisis de imágenes de satélite. En aquellos casos en que se ha aprovechado esta información, se han obtenido mejoras significativas en la confiabilidad de los resultados.

En este trabajo propongo una estrategia para incorporar información geográfica-ambiental (organizada en un SIG) al proceso de clasificación digital de imágenes de satélite. El procedimiento combina información de campo con la información geográfica-ambiental del SIG para ajustar un modelo logit multinomial que describe la relación entre la distribución de la vegetación y los factores ambientales y predice la probabilidad de ocurrencia de cada tipo de vegetación. Cuando el modelo se acopla al SIG puede entonces calcularse la probabilidad de que cada tipo de vegetación ocurra en un píxel dado (de todos los que componen el área de estudio), en función de sus características ambientales. Estas probabilidades se incorporan luego, como probabilidades a priori, al bien conocido clasificador bayesiano de máxima verosimilitud. El clasificador resultante asigna entonces los píxeles a las clases de cobertura consideradas, en función tanto de sus propiedades radiométricas como de sus características ambientales.

Para ilustrar la aplicación de este procedimiento, presento la carta de la vegetación del Estado de Nayarit obtenida a partir de imágenes LANDSAT-MSS y un SIG (derivado de las cartas de INEGI escalas 1:50,000 y 1:250,000) que contiene cinco capas de información: Altitud, Temperatura media, Precipitación media anual, Edafología y Geología superficial.

La clasificación resultante se comparó con otra obtenida con la forma usual del clasificador de máxima verosimilitud (i.e., con probabilidades a priori constantes). El clasificador tradicional produjo errores serios (por ejemplo, confusión de manglares con encinares) en tanto el nuevo método, aunque no es perfecto, resulta en una clasificación notablemente más confiable (aprox. 25%) y espacialmente consistente.

SELPER-USV-20

CAMBIO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN TABASCO EN LOS AÑOS 70'S, 80'S, 90'S Y 2000'S A PARTIR DE IMÁGENES LANDSAT

Yáñez-Trujillo, L., Sorani, V., Soto G.E., Martínez M.L.,
Bastida V.V., Gonzales, M.F. y Aguilar A. J.L.
Percepcion Remota, UAM, Iztapalapa

Se realizó un análisis de las imágenes de satélite Landsat de las series de tiempo de los años 70's, 80's, 90's y de los 2000's para realizar un análisis de ubicación espacial de los cambios de usos de suelo y vegetación y sus tendencias con el objetivo de obtener la cartografía y sus predicciones que ayude al desarrollo del Estudio de Ordenamiento Ecológico integral del área de estudio y verificar los impactos agrícolas, ganaderos y de algunas industrias de gran relevancia en la zona.

Para esto se realizó un análisis de la imagen a través de una visualización de la imagen bandas por banda, un reconocimiento y verificación de puntos de entrenamiento de la zona de estudio con GPS y la creación de compuestos a color idóneos así como un recorte una clasificación supervisada de la imagen y la vectorización de las imágenes raster.

Finalmente se obtuvieron varios productos cartográficos y digitales que se integraron en un SIG, lo que permite predecir las tendencias futuras y las posibles medidas para mitigar impactos y ordenar la zona de estudio.

MONITOREO DE CULTIVOS UTILIZANDO IMÁGENES MODIS

J. Rodríguez¹, C. Watts¹, G. Maubert², J. Garatuza³, A. Tamayo³, L. Palacios⁴ y E. Palacios⁴

¹ IMADES

² Universidad de Toulouse

³ ITSON

⁴ COLPOS

El uso de índices de vegetación derivados de diferentes sensores remotos se ha vuelto una herramienta importante para el monitoreo del desarrollo de los cultivos. Se han definido un gran número de índices y todos aprovechan las diferencias en reflectancia de vegetación entre la parte visible y la infrarroja cercana del espectro electromagnético. Los sensores a bordo de los satélites de observación terrestre como LANDSAT y SPOT tienen una resolución espacial suficiente para distinguir las diferentes parcelas en una zona agrícola así como las diferencias de salud de las plantas dentro de una parcela. Sin embargo, el alto costo de las imágenes y la dificultad de conseguir imágenes frecuentes de la misma área han limitado severamente su utilidad. Como alternativa para el monitoreo de áreas grandes, se han utilizado sensores como AVHRR o VEGETATION que proporcionan imágenes diarias con una resolución espacial del orden de 1000 m. Ahora, la resolución espacial es muy buena pero cada pixel cubre 100 hectáreas y representa casi siempre un promedio de varias parcelas o usos de suelo. En este caso, se puede realizar un monitoreo generalizado sobre áreas grandes pero no es posible seguir el comportamiento de parcelas individuales. El nuevo satélite Tierra incluye el sensor MODIS, el cual es un «super» AVHRR con 36 bandas. La mayoría tienen la resolución espacial de 1000 m, pero las bandas 1 (rojo) y 2 (infrarrojo cercano) tiene una resolución espacial de 250 m. Esta resolución «intermedia» (un pixel de 6.25 hectáreas) ofrece la posibilidad de identificar y seguir parcelas grandes que se encuentran comúnmente en los distritos de riego del noroeste del país. El objetivo de este trabajo es investigar la factibilidad del uso de MODIS usando una parcela de 80 hectáreas de trigo en el valle del Yaqui que se estudiaron en el ciclo 1999-2000. Durante este tiempo, se hicieron mediciones de las variables meteorológicas (incluyendo estimaciones de la evaporación usando correlación turbulenta) y se realizaron transectos semanales con un radiómetro de campo CROPSCAN MSR5. Además, se compraron las 3 imágenes disponibles de LANDSAT 7 que salieron sin nubes durante el período de mediciones. Se presentarán una comparación de los datos obtenidos de los diferentes sensores y su capacidad para seguir el desarrollo de la planta.

La metodología aquí presentada no representa una solución general, ya que muchas parcelas en las zonas agrícolas tienen áreas más pequeñas y se requiere una resolución espacial más fina. Una solución, que ha sido propuesta por el CESBIO, es el pequeño satélite experimental francés RHEA, el cual tendría el potencial de captar imágenes diarias del mismo sitio con una resolución espacial de 20 m.

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Ernesto Soto Galera
Instituto Mexicano del Petróleo

El Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) ha desarrollado proyectos con el propósito de entender los procesos que involucran la contaminación del aire y agua de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). Debido a la necesidad de obtener datos con atributos espaciales que alimenten a los modelos que se utilizan y de analizar la información alfanumérica generada por estos proyectos, se generó un Sistema de Información Geográfica de la ZMCM, el cual es un sistema mixto con componentes vectoriales y raster, la paquetería que se utiliza es ARC-VIEW, ARC-INFO y ERDAS, está integrado por cinco módulos: el primer módulo es el de cartografía base, que tiene topografía, hidrología, toponimia, traza urbana, usos de suelo entre otras capas; el segundo módulo es el raster, compuesto con imágenes de satélite LANDSAT TM e IRS (5 m) y los productos de su clasificación e interpretación; el tercer módulo es el de fuentes contaminantes, con las capas temáticas de doce fuentes contaminantes de agua y aire; el cuarto módulo es de resultados, con la cartografía resultante de los distintos análisis que se han realizado y por último el quinto módulo el de varios, integrado por cierta información geográfica que se utiliza en los proyectos como son el modelo digital de terreno, mallas de simulación, límites delegacionales y municipales entre otros. Otra parte importante del sistema son las bases de datos alfanuméricas que están asociadas a las distintas capas.

APLICACIÓN DE LOS MODELOS DIGITALES PARA LA EVALUACIÓN DE PELIGROS VOLCÁNICOS

José Luis García Puga¹, Francisco Núñez Cornú¹ y Carlos Suárez Plascencia²

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

² Depto. de Geografía y Ordenación Territorial, Universidad de Guadalajara

En México se han visto en recientes años la aparición de una cultura de protección civil ante los desastres naturales (Huracanes, sismos, inundaciones, etc). En materia sísmico-vulcanológica se está desarrollando aplicaciones de tipo preventivo, con la aparición de instituciones como el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred), que en ámbito vulcanológico se concentra en el Popocatepetl y el Servicio Sismológico Nacional, institución que se dedica a monitorear la actividad sísmica de la República Mexicana, siendo las instituciones que tienen la visión de la prevención a nivel nacional.

Las catástrofes volcánicas constituyen un riesgo a las infraestructura urbana y poniendo en vulnerabilidad a la población. En desastres volcánicos existen dos volcanes activos que han puesto en peligro a la población, el volcán Popocatepetl que finales del 2000 presento erupciones continuas y el volcán Colima a finales de 1998.

El volcán Colima es un estratovolcán y por su comportamiento es el más activo en la zona occidente de México, teniendo desde simples explosiones hasta erupciones de tipo plineana. En 1998 el volcán tuvo actividad que puso en riesgo a la población activando los planes evacuación, por parte de las autoridades de protección civil del estado.

El Centro de Sismología y Volcanología de Occidente (SisVOc) está desarrollando un atlas de riesgos naturales para el volcán Colima por medio de técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Percepción Remota (PR) para la prevención de peligros volcánicos por efecto de flujos piroclásticos, lahares y depósitos de cenizas, que afectarían a las poblaciones aledañas al volcán de los estados de Jalisco y Colima.

La unión de los SIG y técnicas de análisis de los Modelos Digitales del Terreno (DEM), permiten modelar en diferentes escenarios las posibles trayectorias que tomaran el desplazamiento de los flujos piroclásticos, flujos de lava, avalanchas de escombros y lodos (lahar), permitiendo establecer zonas de amortiguamiento, salvaguardando la seguridad de las poblaciones aledañas.

Se generaron dos DEM con diferentes metodologías utilizando los programas IDRISI32 e ERMAPPER, uno de ellos con triangulación, y el segundo por mínima curvatura. En ambos métodos se extrajo las pendientes, para evaluar la trayectoria cuestas abajo por donde se desplazarían los flujos y la zonas de acumulación de material volcánico, revelando diferencias marcadas en la evaluación de las zonas.

En el DEM de triangulación resalta mas bruscamente las laderas del aparato volcánico, siendo el más efectivo para realizar el análisis de desplazamiento de los flujos, por el análisis de las pendientes, mientras que el DEM de mínima curvatura, plasma de mejor las zonas de acumulación del material eyectado.

Para la evaluación del peligro por eventos volcánico se representan en varios escenarios, calculado las posibles extensiones de para cada flujo, Ambos métodos muestran que tendrían un desplazamiento en la parte Sur, ya que al Norte tiene una frontera natural (Nevado Colima), poniendo en peligro las vertientes hacia el Sur, SW y SE del cráter del volcán Colima.

Se plantean diferentes modelos eruptivos que determinen el nivel de afectación, a la población, ya que, se estima que el volcán tiene una recurrencia de 100 años aproximadamente que afectaría los estados de Jalisco y Colima.

Las técnicas de tomas de decisiones apoyada con la administración de la información geoespacial a través de los SIG permitirán establecer los sectores con menor vulnerabilidad mitigando las perdidas humanas, proponiendo un uso de suelo adecuado, en las zonas proximales al volcán, formando parte de los procesos de estudios básicos en la evaluación y reducción de riesgos volcánicos, iniciando con los procesos de vigilancia, predicción y el manejo de emergencias volcánicas.

SELPER-63 CARTEL

UTILIZACIÓN DE NOAA-AVHRR 14 EN LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA SOBRE PASTIZALES EN EL NORTE DE SONORA

Fausto Santiago Leon y Christopher Watts
Recursos Hidricos, IMADES

La necesidad de conocer y evaluar las condiciones de cobertura vegetal como indicadores de cambios climáticos y de efectos antropogenicos es cada vez mas importante para el conocimiento del medio ambiente. Sustentado en lo anterior se llevo a cabo en la región de pastizales del Norte del Estado de Sonora dentro del proyecto SALSA (Semi-Arid Land-Surface-Atmosphere). La estimación de índices de vegetación utilizando imágenes de satélite NOAA-AVHRR 14 para el periodo de 1998 - 1999, utilizando un total de 169 imágenes. De las cuales se obtuvieron las reflectancias para la zona de estudio, las cuales fueron corregidas y procesadas con las ecuaciones de calibración para NOAA-AVHRR 14. Se calcularon los índices de vegetación NDVI y SAVI para comparar los resultados con las consideraciones de análisis para cada uno de ellos. El resultado de los índices de vegetación se comparo con los resultados de los muestreos de biomasa en campo lo cual proporcionara la correlación entre los datos del sensor y el muestreo de campo. La correlación obtenida entre los resultados principales es de gran importancia para evaluar las condiciones de biomas de importancia ecológica y del sector productivo como lo son los pastizales.

SELPER-64 CARTEL

ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO DE SORGO UTILIZANDO TÉCNICAS DE PERCEPCIÓN REMOTA Y TÉCNICAS DE GEOESTADÍSTICA

O. Lemus Ramírez, J. González Meraz, P. Lázaro Chavez y B. Robles Rubio

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Paseo Cuauhnáhuac #8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos
E-mail: olemus@tlaloc.imta.mx

El uso de técnicas de percepción remota permiten cubrir grandes áreas para la realización de estudios ambientales, hidroagrícolas, etc., estas técnicas pueden ser complementadas con el uso de técnicas de geoestadística, cuando las condiciones de la información teledetectada, no son suficientes o presentan algún obstáculo.

En el presente trabajo se describe la estimación del rendimiento de sorgo para un distrito de riego, usando la técnica utilizada por Pulido et al. (1995; 1996; 1997) e información geoestadística para complementar las áreas cubiertas por nubosidad.

La metodología consistió. en hacer muestreos de campo clasificando en 4 niveles productivos del cultivo 1) Nulo, 2) Malo, 3) Regular y 4) Bueno. La intensidad de muestreo propuesta de acuerdo al diseño fue de 1 muestra por cada 500 ha, lo cual resulta en 335 muestras, para cubrir la totalidad del área del distrito de riego 025 Bajo Río Bravo, Tamaulipas.

El cálculo del rendimiento por punto muestreado, se llevó a cabo en un área mínima con características homogéneas de 30 X 30 m. Se obtuvo a partir del peso del grano en una superficie de 1 m² y aplicando un factor para el grado de humedad del grano. Adicionalmente se tomó la ubicación geográfica de cada punto mediante un geoposicionador (GPS) para su posterior ubicación en la imagen de satélite.

El mapa de rendimiento se obtuvo extrayendo los valores espectrales de una imagen de satélite tipo Landsat 5 TM para realizar una regresión lineal con los valores de rendimiento estimado obtenidos en campo, el coeficiente de correlación obtenido fue de 0.70. Posteriormente, se realizó una clasificación supervisada con 11 niveles de rendimiento, con categorías en intervalos de 0.5 ton/ha a partir de 0.5 ton/ha hasta 5 ton/ha.

El área complementaria de zonas nubosas se generó con una interpolación de rendimiento partiendo de una interpolación hecha con el método de Kriging simple, para su posterior superposición a las áreas obtenidas a partir de la imagen de satélite. El rendimiento promedio ponderado estimado fue de 2.8 ton/ha, y la superficie total de sorgo fue de 186,9000 ha. En el presente trabajo se muestran las técnicas y se detallan los resultados obtenidos.

SELPER-65 CARTEL

LOS METADATOS EN EL INSTITUTO DE GEOGRAFIA DE LA UNAM

Ma. Elena García Villagómez y Luis Miguel Morales Manilla
Instituto de Geografía, UNAM

El proporcionar una herramienta para la valoración objetiva del contenido de los datos y la calidad de la información geográfica es uno de los objetivos fundamentales de los Metadatos Geográficos. Dado el volumen de información cartográfica que el Instituto de geografía de la UNAM ha generado a lo largo de su historia, y considerando la importancia de esta información para el apoyo de investigaciones futuras, el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota se ha dado a la tarea de organizar, evaluar y difundir el acervo de datos geográficos. El desarrollo del proyecto de metadatos gira en torno a la aplicación del estándar norteamericano de metadatos proporcionado por la FGDC Federal Geographic Data Committee , el cual propone el uso de software diseñado para la captura y mantenimiento de los mismos, así como de una estructura diseñada para facilitar el manejo y almacenamiento de los mismos. Actualmente el Instituto de geografía tiene aproximadamente 4500 metadatos listos para ser puestos a disposición de un Clearinghouse el cual vía internet, ofrece el servicio de facilitar la búsqueda y acceso de datos geoespaciales.

ÍNDICE DE AUTORES

Autores	No. de Trabajo	Pág.	Autores	No. de Trabajo	Pág.
Aboytes J.	SELPER-USV-06	343	Álvarez Cano J. Ernesto	ATM-43	158
Aboytes J.	SELPER-USV-18	348	Álvarez Gasca Oscar	ATM-19	152
Acosta Chang J.G.	GEOF-18	172	Álvarez Gasca Oscar	ATM-34	156
Acosta Chang José G.	SIS-10	296	Álvarez Luis G.	OCE-12	254
Acosta J.	REDES-06	286	Álvarez Oscar	ATM-31	155
Acosta J.	SIS-18	299	Álvarez Román	GET-34 CARTEL	212
Acosta J.	SIS-20	300	Álvarez S.	SIS-18	299
Acosta Molina B.	PP-07	263	Álvarez S.	REDES-06	286
Adem J.	ATM-04	148	Amador Alberto	OCE-10	253
Adem J.	ATM-05	148	Amador Buenrostro Alberto	OCE-09	253
Adem J.	ATM-11	150	Amador Omar	ATM-41	158
Adem J.	ATM-20	152	Anderson L.	GEOF-15	171
Adem J.	ATM-35	156	Anderson L.	PP-02	261
Aguayo A.	GEOH-15 CARTEL	188	Anderson T.H.	GET-06	200
Aguayo A.	VUL-02	312	Anderson Thomas H.	ES-04	161
Aguayo Río A.	GGA-13	223	Ángeles Cordero Edgar	GEOF-36 CARTEL	180
Aguilar A. J.L.	SELPER-USV-07	343	Ángeles Moreno E.	GEOQP-05	233
Aguilar A. J.L.	SELPER-USV-20	348	Antún Juan Pablo	SELPER-URB-02	340
Aguilar Alejandro José Luis	SELPER-USV-04	343	Antúnez Priscilla Denise	GEOH-12	186
Aguilar Alejandro José Luis	SELPER-USV-15	346	Aragón Arreola Manuel	GEOF-12	170
Aguilera D.	SELPER-RIE-01	338	Aragón Arreola Manuel	GGA-01	218
Aguilera H.	GEOF-34 CARTEL	179	Aragón M.	GGA-03	219
Aguirre A.	REDES-23 CARTEL	293	Aragón M.	GEOF-13	170
Aguirre Díaz Gerardo	GET-19	206	Aragón Sulik M.	GGA-02	218
Aguirre Díaz Gerardo	VUL-23	320	Aragón Sulik M.	GEOH-06	184
Aguirre Díaz Gerardo	VUL-25	320	Aragón Sulik M.	GEOH-07	185
Aguirre Díaz Gerardo	GET-20	206	Aragón Sulik M.	GEOH-08	185
Aguirre G. Jorge	SIS-26	303	Aragón Sulik M.	GET-08	201
Aguirre González Jorge	SIS-27	303	Aragón Sulik M.	GGA-10	222
Aguirre R.	SELPER-USV-06	343	Aragón Sulik M.	GET-17	205
Aguirre R.	SELPER-USV-18	348	Aranda Gómez J.J.	GET-16	204
Alaniz Álvarez S.A.	GET-18	205	Aranda Gómez José Jorge	GEOQP-03	232
Alaniz Álvarez S.A.	GET-15	204	Aranda Gómez José Jorge	REDES-06	286
Alaniz Álvarez S.A.	GET-21	207	Arellano G.	SIS-18	299
Alaniz Álvarez S.A.	GET-44 CARTEL	217	Arellano G.	SELPER-USV-09	344
Alaniz Álvarez Susana A.	GET-13	203	Arévalo Galarza Gustavo	OCE-09	253
Alaniz S.	REDES-11	288	Argote Espinoza María Luisa	OCE-10	253
Alarcón F. Ana María	REDES-02	284	Argote María Luisa	GYM-07 CARTEL	192
Alatorre Chávez Eliseo	VUL-12	316	Arkhipova N.A.	SELPER-USV-10	345
Alatorre E.	VUL-09	315	Armendáriz Rubio R.	GEOH-15 CARTEL	188
Alatorre Ibargüengoitia Miguel Ángel	VUL-14	316	Armienta M.A.	GEOQP-07	234
Alatorre Medienta M.A.	OCE-13	255	Armienta M.A.	VUL-02	312
Alcántara C.	SELPER-USV-13	346	Arredondo Guerrero P.	RAPA-18	272
Alcántara Concepción Pedro Camilo	SELPER-INT-01	333	Arreygue Rocha E.	GGA-07	221
Alcántara Leonardo	REDES-16	290	Arreygue Rocha J.E.	GGA-09	222
Alcántara Nolasco L.	REDES-17	291	Arroyo Adriana	SIS-02	294
Alcántara Nolasco L.	SIS-24	302	Arroyo Contreras Moisés G.	GET-37 CARTEL	213
Almanza Mosqueda Rodolfo	GEOF-37 CARTEL	180	Arroyo Contreras Moisés G.	GET-38 CARTEL	214
Almanza Mosqueda Rodolfo	GP-08	197	Arzate Flores Jorge A.	GEOF-38 CARTEL	180
Almazán Vázquez Emilio	ES-02	160	Arzate Flores Jorge A.	GET-37 CARTEL	213
Almeda Jáuregui C.	OCE-04	251	Arzate Flores Jorge A.	GET-38 CARTEL	214
Almora M. David	REDES-15	290	Arzate Jorge	GEOF-21	173
Alonso José	REDES-16	290	Arzate Jorge A.	GEOF-19	173
Alquicira Arteaga María Luisa	SELPER-ECO-05	330	Avalos García Carlos	SELPER-OCE-02	337
Altamirano del Carmen Miguel A.	SELPER-MET-01	335	Ávila R.	USOS-05	310
Alva Valdivia L.	RAPA-04	268	Ayala Mauricio	REDES-16	290
Alva Valdivia L.	RAPA-12	271	Azpra Romero Enrique	ATM-25	153
Alva Valdivia L.	RAPA-41	280	Baker Joel	RAPA-17	272
Alva Valdivia L.M.	RAPA-18	272	Banda Loira	PP-05	262
Alva Valdivia L.M.	RAPA-25	275	Bando Murrieta Uriel	ATM-12	150
Alva Valdivia L.M.	RAPA-27	276	Bandy W.	ES-11	165
Alva Valdivia L.M.	RAPA-44 CARTEL	281	Bandy W.	GEOF-15	171
Alva Valdivia L.M.	RAPA-47 CARTEL	283	Bandy W.	GEOM-04	230
Alva Valdivia Luis	RAPA-02	267	Bandy W.	PP-02	261
Alva Valdivia Luis	RAPA-07	269	Bandy W.L.	GEOF-35 CARTEL	179
Alva Valdivia Luis	RAPA-15	272	Bandy William L.	GET-29	210
Alva Valdivia Luis	RAPA-19	273	Bañuelos J.G.	RAPA-27	276
Alva Valdivia Luis M.	RAPA-39	280	Banuet A. Valiente	ES-11	165
Alva Valdivia Luis M.	RAPA-06	269	Barajas Nigoche L.D.	GET-35 CARTEL	212
Alva Valdivia Luis M.	RAPA-31	277	Barbosa Gudino J.R.	GET-35 CARTEL	212
Alva Valdivia Luis M.	RAPA-45 CARTEL	282	Barradas Víctor L.	MICRO-04	243
Alva Valdivia Luis Manuel	RAPA-33	278	Barrientos Santiago Ángel	ATM-34	156
Alvarado Noe Javier	GPS-04	265	Barton E.D.	MAR-03	248
Alvarado Ortega Jesús	ES-08	163	Barton E.D.	OCE-06	252
Álvarez Arellano Alejandro	GET-22	207	Bastida V.V.	SELPER-USV-20	348
Álvarez Arellano Alejandro	GGA-05	220	Bastida Villalobos V.	SELPER-USV-07	343
Álvarez Béjar Román	SELPER-RIE-03	339	Bastida Villalobos Víctor	SELPER-USV-04	343
Álvarez Borrego Saúl	OCE-11	254	Bastida Villalobos Víctor	SELPER-USV-15	346

Autores	No. de Trabajo	Pág.	Autores	No. de Trabajo	Pág.
Basurto García Jeremías	SIS-16	299	Cano González A.	GEOQP-18 CARTEL	240
Basurto Pensado M.	GEOQP-02	232	Cano González A.	GEOQP-19 CARTEL	240
Baumgartner Tim	OCE-02	251	Cañón Tapia Edgardo	RAPA-10	270
Bautista Belmonte A.	GEOH-06	184	Cañón Tapia Edgardo	GET-23	207
Bautista Belmonte A.	GEOH-07	185	Capra Lucía	GEOQP-17 CARTEL	239
Bautista Belmonte A.	GEOH-08	185	Carbajal Noel	OCE-19	257
Bautista Belmonte A.	GET-08	201	Cárdenas Soto Martín	SIS-25	302
Bautista Belmonte A.	GGA-10	222	Carlos J.	REDES-06	286
Bautista Belmonte A.	GGA-11	222	Carlos J.	SIS-18	299
Bautista R.	SIS-40 CARTEL	308	Carlson Richard L.	GET-29	210
Becker Tim	GET-16	204	Carranza Castañeda O.	ES-09	164
Belmonte Jiménez S.	GEOH-06	184	Carranza Castañeda Oscar	ES-07	162
Belmonte Jiménez S.	GEOH-07	185	Carranza Castañeda Oscar	GET-19	206
Belmonte Jiménez S.	GGA-10	222	Carranza Castañeda Oscar	VUL-23	320
Belmonte Jiménez S.	GGA-11	222	Carrasco Gerardo	GEOQP-06	234
Belmonte Jiménez S.I.	GEOH-08	185	Carrasco Núñez G.	VUL-22	319
Belmonte Jiménez S.I.	GET-08	201	Carrillo Beltrán Mónica	GEOH-10	186
Bernal G.	PP-07	263	Carrillo Chávez Alejandro	GGA-12	223
Bernal Gladys	PP-04	262	Castelán G.	VUL-08	314
Bernal R.	SIS-14	298	Castelán G.	VUL-31 CARTEL	323
Biggin Andrew J.	RAPA-09	270	Castelán P. Gilberto	REDES-01	284
Bilham R.	GPS-05	265	Castelán P. Gilberto	REDES-02	284
Bocanegra García Gerardo	GGA-12	223	Castrejón Vacío Fernando	GEOF-28	177
Bocanegra Noriega G.	RAPA-41	280	Castrejón Vacío Fernando	GP-03	194
Bocco Gerardo	SELPER-USV-11	345	Castro E. Raúl R.	SIS-19	300
Böhnel H.	GEOF-38 CARTEL	180	Castro R.	SELPER-ECO-02	328
Böhnel H.	RAPA-11	271	Castro R.	SELPER-USV-02	342
Bolongaro Crevenna Recaséns Andrea	SELPER-ECO-04	329	Castro Raúl R.	REDES-14	290
Bolongaro Crevenna Recaséns Andrea	SELPER-ECO-07	330	Castro Raúl R.	REDES-10	288
Bonifaz Roberto	SELPER-INT-03	334	Castro Raúl R.	SIS-22	301
Bonilla Sánchez Yadira Magali	SELPER-ECO-07	330	Castro Rutilio	SELPER-USV-11	345
Brassea Ochoa Jesús	GEOF-40 CARTEL	181	Cavazos Tereza	ATM-09	149
Bravo Castillero J.	SIS-04	294	Ceballos G.	SELPER-ECO-02	328
Bravo José Luis	ATM-41	158	Ceniceros N.	VUL-02	312
Bravo Martínez M.	REDES-17	291	Centeno García E.	GEOQP-05	233
Brena Zepeda Jorge Enrique	SELPER-HID-02	332	Cerca Mariano	GET-09	201
Bretón G. Mauricio	GGA-18 CARTEL	225	Cerca Mariano	GET-10	202
Bretón G. Mauricio	GGA-20 CARTEL	227	Cerda Chacón J.C.	VUL-06	313
Bretón G. Mauricio	SIS-39 CARTEL	307	Cerón Fernández A.	GEOF-24	174
Bretón González Mauricio	VUL-18	318	Cerón Fernández A.	GEOF-26	176
Bretón M.	VUL-09	315	Cervando Castillo Romano	SELPER-HID-02	332
Budahn James R.	GET-31	211	Cervantes de la Cruz Karina E.	VUL-19	318
Buendía Carrera Enrique J.	SELPER-MET-03	336	Cervantes Duarte Rafael	OCE-27	259
Bulgakov Igor	SELPER-URB-01	340	Cervantes Miguel Ángel	RAPA-15	272
Burlak G.	GET-11	202	Cervantes Sánchez Alfredo	GET-05	199
Caballero C.	RAPA-21	274	Cervantes Sánchez Alfredo	GEOM-03	230
Caballero C.	RAPA-44 CARTEL	282	Cervantes Sánchez Alfredo	SIS-33	305
Caballero M.	RAPA-21	274	Chaimanee Yaowalak	RAPA-29	277
Caballero Miranda C.	RAPA-41	280	Chao Xixi	RAPA-07	269
Cabral Cano E.	GPS-07	266	Chauvin Annick	RAPA-02	267
Cabral Cano E.	GPS-08 CARTEL	266	Chávez Álvarez J.M.	VUL-06	313
Cabral Cano E.	VUL-35 CARTEL	325	Chávez Cabello G.	GET-02	198
Cabrera Alma Luz	SELPER-RIE-03	339	Chávez Cabello G.	GET-03	198
Cabrera Carlos	MAR-08	249	Chávez Cabello G.	GET-14	203
Cabrera Raúl	USOS-01	309	Chávez Cabello G.	GET-17	205
Cabrera Raúl	USOS-02	309	Chávez Cabello G.	GEOQP-04	233
Caetano Ernesto	ATM-10	150	Chávez Cabello G.	GEOQP-13 CARTEL	237
Caetano Ernesto	ATM-36	156	Chávez Cabello G.	GEOQP-18 CARTEL	240
Calderón Carlos	USOS-01	309	Chávez Cabello G.	GEOQP-19 CARTEL	240
Calderón Carlos	USOS-02	309	Chávez Cabello G.	GEOF-18	172
Calderón González Jaime	GEOF-14	171	Chávez García F.J.	SIS-31	304
Calmus Thierry	GET-12	202	Chávez García Francisco	SIS-32	305
Calvo Manuel	RAPA-34	278	Chávez García Francisco	SIS-25	302
Calvo Rathert Manuel	RAPA-28	276	Chávez M.	SIS-40 CARTEL	308
Camarillo Barranco Lucio	REDES-21 CARTEL	292	Chávez Rene	GEOH-02	182
Camarillo Lucio	REDES-16	290	Chávez Segura Rene E.	GEOF-36 CARTEL	180
Campa Uranga Ma. Fernanda	GET-07	200	Chehbouni A.	MICRO-06	243
Campos Enriquez J. Oscar	GEOH-02	182	Chichinina T.I.	SIS-06	295
Campos Enriquez J.O.	GEOF-18	172	Chichinina T.I.	SIS-21	300
Campos Enriquez J.O.	GET-08	201	Cifuentes Nava G.	VUL-35 CARTEL	325
Campos Enriquez Oscar	GEOF-19	173	Cifuentes Nava Gerardo	GEOF-09	169
Campos Enriquez Oscar	SIS-07	295	Cifuentes Nava Gerardo	GEOF-10	169
Campos Enriquez Oscar	SIS-08	296	Clayton Robert W.	REDES-14	290
Campos Enriquez Oscar	SIS-09	296	Cobiella Reguera J.	RAPA-47 CARTEL	283
Campos Gaytán José Rubén	GEOH-09	185	Coe Rob	RAPA-07	269
Camps Pierre	RAPA-19	273	Coe Robert S.	RAPA-42	281
Canales Elorduy Armando G.	GEOH-04	183	Collins Kimberley	ATM-42	158
Cano González A.	GET-14	203	Comrie Andrew C.	ATM-09	149
Cano González A.	GEOQP-04	233	Conde Cecilia	ATM-16	151
Cano González A.	GEOQP-13 CARTEL	237	Conde Cecilia	ATM-21	153

Autores	No. de Trabajo	Pág.	Autores	No. de Trabajo	Pág.
Conte G.	RAPA-46 CARTEL	282	Elías Herrera M.	GEOQP-14 CARTEL	238
Conticelli Sandro	GEOQP-17 CARTEL	239	Errastí Orozco Ulises	VUL-33 CARTEL	324
Contreras Hernández Ana Delia	ATM-19	152	Escalona Alcázar F.J.	GGA-08	221
Contreras Juan	PP-01	261	Escalona Alcázar F.J.	VUL-21	319
Contreras Juan	SIS-35	306	Esparza Francisco J.	GEOF-01	167
Contreras López Enrique	GP-05	195	Esparza Hernández Francisco	GEOF-03	167
Contreras Ruiz Esparza Beatriz	PP-06	263	Espíndola Castro J.M.	VUL-27	321
Correa Mora F.	GPS-07	266	Espinosa Aranda J. Manuel	REDES-18	291
Correa Mora F.	GPS-08 CARTEL	266	Espinosa Aranda J. Manuel	REDES-21 CARTEL	292
Correa Mora F.	VUL-35 CARTEL	325	Espinosa Arrubarrena Luis	ES-08	163
Cortés A.	VUL-09	315	Espinosa Cardeña J.M.	GEOF-25	175
Cortez V. Miguel	ATM-08	149	Espinosa J. Manuel	REDES-16	290
Cosío Castro Héctor G.	SELPER-CAT-02	327	Espinosa Luna Juan	GEOF-37 CARTEL	180
Cossío Torres T.	GET-02	198	Espinosa Luna Juan	GP-07	196
Cossío Torres T.	GET-03	198	Espinosa Luna Juan	GP-08	197
Cruz Abeyro J.A.L.	RAPA-48 CARTEL	283	Espitia S. Germán	REDES-15	290
Cruz O.	VUL-02	312	Farber Lorda J.	OCE-04	251
Cruz Orozco Rodolfo	GET-22	207	Farfán F.	SIS-42 CARTEL	308
Cruz R.C.	OCE-16	256	Farfán F.	SIS-18	299
Cuellar Armando	REDES-16	290	Farfán Francisco J.	REDES-10	288
Cuéllar Martínez Armando	REDES-18	291	Farreras S.F.	MAR-10	250
Cuéllar Martínez Armando	REDES-21 CARTEL	292	Farreras Salvador F.	MAR-11	250
Cuenca Sánchez Julio	SIS-27	303	Farreras Salvador F.	SELPER-CAT-03	328
Cuenca Sánchez Julio	SIS-26	303	Félix Romero S.G.	REDES-04	285
Cueto O.R.	ATM-32	155	Félix Romero S.G.	REDES-08	287
Dañobeitia J.J.	GET-33 CARTEL	212	Fernández T.	SELPER-ECO-02	328
Davydova Belitskaya Valentina	ATM-39	157	Fernández T.	SELPER-USV-02	342
Davydova Belitskaya Valentina	ATM-44	159	Fernández T.	SELPER-USV-06	343
De Albornoz Bueno Álvaro	USOS-04	310	Fernández T.	SELPER-USV-18	348
De Basabe Delgado Jonás	GEOQP-10	236	Ferrari Luca	GEOF-21	173
De la Cruz Reyna S.	VUL-08	314	Ferrari Luca	GET-09	201
De la Cruz Reyna S.	VUL-34 CARTEL	324	Ferrari Luca	GET-10	202
De la Cruz Reyna Servando	VUL-11	315	Ferrari Luca	GET-30	210
De la Cruz Reyna Servando	VUL-33 CARTEL	324	Ferrari Luca	VUL-28	322
De la Cruz Reyna Servando	VUL-37 CARTEL	326	Filónov A.E.	OCE-16	256
De la Cruz S.	VUL-09	315	Filónov A.E.	OCE-25	259
De La Luz Santacruz R.	SIS-24	302	Filónov Anatoliy	OCE-17	256
De León Chagolla Jorge Díaz	USOS-07	311	Fitz Díaz Elisa	GET-07	200
Del Ángel Juan Gerardo	GP-08	197	Fletcher J.M.	GET-28	209
Del Ángel Morales Juan Gerardo	GP-02	194	Flores Ceja Fabiola	VUL-05	313
Del Valle García Raúl	USOS-06	310	Flores Luna Carlos	GEOF-14	171
Del Valle Reyes Aarón	ES-13 CARTEL	165	Flores Márquez Leticia	GEOH-02	182
Delgadillo M.	REDES-05	286	Flores Ríos Víctor Manuel	RAPA-02	267
Delgado Argote L.	GET-33 CARTEL	212	Flores Roa Alberto	SELPER-URB-01	340
Delgado Argote Luis A.	VUL-26	321	Flores Ruiz J.H.	GEOF-22	174
Delgado Delgado Marcial Orlando	ATM-24	153	Flores Ruiz J.H.	GEOF-24	174
Delgado Granados H.	GEOM-01	229	Flores Ruiz J.H.	GEOF-26	176
Delgado Granados H.	GEOQP-01	232	Flores Ruiz J.H.	GEOF-27	176
Delgado Granados H.	GEOQP-11	236	Flores Ruiz J.H.	GEOF-29	177
Delgado Granados H.	VUL-24	320	Flores Ruiz J.H.	GGA-13	223
Delgado Granados H.	VUL-29 CARTEL	323	Fong Diana	REDES-19	292
Delgado Granados Hugo	VUL-14	316	Forsythe Lance	GEOQP-09	235
Delgado H.	VUL-31 CARTEL	323	Fortier G.	GEOF-15	171
Delgado Rodríguez Omar	GGA-15	224	Fortier G.	PP-02	261
DeMets Charles	GPS-01	264	Franco Sánchez Sara Ivonne	GPS-02	264
DeMets Charles	GPS-03	264	Franco Sánchez Sara Ivonne	GPS-04	265
Díaz C.E.	GEOH-14	187	Frapicini Massimo	SIS-22	301
Díaz Castellón Rodolfo	VUL-15	317	Frey H.M.	GEOQP-11	236
Díaz de Cossío G.	SIS-42 CARTEL	308	Frez Cárdenas José	GEOF-12	170
Díaz Gallegos José R.	SELPER-USV-11	345	Frez J.	GEOF-13	170
Díaz Gallegos José R.	SELPER-USV-14	346	Frez J.	REDES-06	286
Díaz J.R.	SELPER-USV-02	342	Frez J.	SIS-18	299
Díaz Sandoval Rosa	GET-36 CARTEL	213	Frez J.	SIS-20	300
Diego G.	SIS-40 CARTEL	308	Frez J.	SIS-29	304
Domínguez Ortiz F.	GGA-07	221	Frez J.	SIS-30	304
Domínguez R. Tonatiuh	GGA-20 CARTEL	227	Frías Camacho V.M.	GET-33 CARTEL	212
Domínguez Reyes Tonatiuh	SIS-39 CARTEL	307	Frías Camacho Víctor M.	VUL-26	321
Domínguez Reyes Tonatiuh	VUL-05	313	Fuller Mike	RAPA-22	274
Domínguez T.	VUL-06	313	Fundora Granda M.	RAPA-47 CARTEL	283
Domínguez T.	VUL-09	315	Gaitán Morán Javier	GET-22	207
Domínguez Tonatiuh	GGA-18 CARTEL	225	Gaitán Morán Javier	GGA-05	220
Ducrocq Stéphane	RAPA-29	277	Galicia Francisco	REDES-01	284
Dunlop David J.	RAPA-03	268	Galicia Pérez Marco A.	ATM-30	155
Durazo A. Reginaldo	OCE-01	251	Galicia Pérez Marco A.	OCE-15	255
Durazo Reginaldo	OCE-02	251	Galindo I.	VUL-09	315
Dworak Robinson J.A.	OCE-14	255	Gallardo L.A.	GEOF-39 CARTEL	181
Eakins B.W.	GET-28	209	Gallegos Artemio	ATM-10	150
Echauri Galván E.B.	GGA-17	225	Galván Vergara Raúl	RAPA-45 CARTEL	282
Edwards Eric	MICRO-03	242	Gálvez Jesús O.	REDES-10	288
Eguiza Castro Mariano Humberto	GET-39 CARTEL	215	Gálvez O.	REDES-06	286

Autores	No. de Trabajo	Pág.	Autores	No. de Trabajo	Pág.
Gálvez O.	SIS-18	299	Gogichaishvili Avto	RAPA-39	280
Garatuza J.	MICRO-06	243	Goguitchaichvili A.	RAPA-44 CARTEL	281
Garatuza J.	SELPER-HID-03	332	Goguitchaichvili A.	RAPA-46 CARTEL	282
Garatuza J.	SELPER-USV-21	349	Goguitchaichvili A.	RAPA-47 CARTEL	283
Garatuza Jaime	MICRO-03	242	Goguitchaichvili Avto	RAPA-06	269
Garatuza Jaime	SELPER-USV-03	342	Goguitchaichvili Avto	RAPA-10	270
Garatuza Payan Jaime	MICRO-07	244	Goguitchaichvili Avto	RAPA-30	277
García Abdeslem J.	GEOF-17	172	Goguitchaichvili Avto	RAPA-31	277
García Abdeslem J.	GET-26	209	Gómez Anguiano M.	VUL-27	321
García Abdeslem Juan	GEOF-16	172	Gómez Domínguez Sandra Guadalupe	SELPER-INT-01	333
García Abdeslem Juan	GEOF-23	174	Gómez G.	SELPER-USV-06	343
García Álvarez Yara	SELPER-OCE-03	337	Gómez G.	SELPER-USV-18	348
García Arthur Rosalía	SIS-20	300	Gómez Garzón Alfredo	SELPER-USV-12	345
García C. Joaquín	OCE-01	251	Gómez J.M.	REDES-11	288
García C. Joaquín	OCE-07	252	Gómez López Alfonso	SELPER-USV-17	347
García Cueto Rafael	MICRO-09	244	Gómez Palacios Juan José	VUL-37 CARTEL	326
García Cueto Rafael	MICRO-11	245	Gómez Palacios Juan José	VUL-11	315
García D.	SIS-12	297	Gómez Rodríguez Gabriela	SELPER-INT-01	333
García D.	SIS-23	301	Gómez Rodríguez Gabriela	SELPER-MET-02	335
García García F.	ATM-06	148	Gómez Rodríguez Gabriela	SELPER-RIE-03	339
García García F.	ATM-07	148	Gómez Romero Leonorilda	MICRO-13	246
García García R.	REDES-04	285	Gómez Sandra	ATM-41	158
García Joaquín	OCE-02	251	Gómez Treviño E.	GEOF-39 CARTEL	181
García López Ramón V.	GEOF-07	168	Gómez Treviño Enrique	GEOF-01	167
García López Yahir G.	GEOM-06	231	Gómez Treviño Enrique	GEOF-03	167
García Luis Gustavo	MICRO-10	245	Gómez Treviño Enrique	GEOF-20	173
García Manuel Pablo	GP-05	195	Gómez V. Ángel	REDES-01	284
García Muñoz N.A.	GEOF-27	176	Gómez V. José	OCE-07	252
García Peralta Roberto	SIS-28	303	Gómez Valdés J.	OCE-14	255
García Pérez Frank	GET-41 CARTEL	215	Gómez Valdez J.	OCE-03	251
García Puga J.	GGA-02	218	Gómez Vázquez Á.	VUL-34 CARTEL	324
García Puga José Luis	GEOM-02	229	Gómez Vázquez Ángel	VUL-33 CARTEL	324
García Puga José Luis	SELPER-62 CARTEL	349	González A.	GEOF-39 CARTEL	181
García R.	SIS-18	299	González Alfonso	USOS-01	309
García R. J. Agustín	ATM-37	156	González Alfonso	USOS-02	309
García Villagómez Ma. Elena	SELPER-65 CARTEL	351	González Amescua M.	VUL-06	313
García Villagómez María Elena	SELPER-RIE-03	339	González Antonio	VUL-17	317
García y Barragán J.C.	GET-06	200	González C.	SELPER-ECO-02	328
García y Barragán Juan Carlos	ES-04	161	González Enríquez Rodrigo	GEOH-04	183
Gardini C.	GEOF-34 CARTEL	179	González Fernández A.	GEOF-25	175
Gardini C.	SELPER-RIE-01	338	González Fernández A.	GET-26	209
Garduño C.	GYM-09 CARTEL	193	González Fernández A.	GET-33 CARTEL	212
Garduño Monroy V.H.	GGA-07	221	González Francisco	REDES-16	290
Garduño Monroy V.H.	GGA-09	222	González Gallego J.E.	ATM-05	148
Garduño Monroy Víctor Hugo	MICRO-14	247	González Gómez Roberto	SELPER-USV-09	344
Garduño René	ATM-01	147	González González Rodrigo	SIS-37 CARTEL	307
Garfías S. Jaime	GEOH-02	182	González Ibarra Alfonso	USOS-04	310
Gastelo García Néstor	SELPER-ECO-08	331	González J.	REDES-06	286
Gavilanes J.C.	VUL-09	315	González J.	SIS-18	299
Gavilanes Juan Carlos	VUL-03	313	González J.I.	MAR-10	250
Gavilanes Juan Carlos	VUL-10	315	González J.J.	SIS-20	300
Gaviño Rodríguez J.H.	OCE-13	255	González José Antonio	RAPA-07	269
Gaviño Rodríguez Juan H.	ATM-30	155	González José Antonio	RAPA-39	280
Gaviño Rodríguez Juan H.	OCE-15	255	González Ledesma M.	GGA-02	218
Gaxiola C. Gilberto	OCE-01	251	González León Carlos	GEOQP-08	235
Gaxiola Gilberto	OCE-02	251	González León Carlos M.	ES-01	160
Gay Carlos	ATM-16	151	González M.	REDES-23 CARTEL	293
Gay Carlos	ATM-21	153	González M.F.	SELPER-USV-07	343
Gay Carlos	ATM-22	153	González M.F.	SELPER-USV-20	348
Gennadiy Burlak	OCE-26	259	González Meraz J.	SELPER-64 CARTEL	350
Giaccardi A.	GEOF-34 CARTEL	179	González Mota Flavio	SELPER-USV-04	343
Giaccardi A.	SELPER-RIE-01	338	González Mota Flavio	SELPER-USV-15	346
Ginzburg A.S.	MICRO-12	246	González Pomposo G.J.	REDES-04	285
Glowacka E.	SIS-29	304	González Pomposo G.J.	REDES-08	287
Glowacka E.	SIS-30	304	González Pomposo G.J.	REDES-17	291
Glowacka E.	SIS-42 CARTEL	308	González Pomposo G.J.	SIS-24	302
Godínez Víctor	OCE-12	254	González Rodríguez J.G.	GET-11	202
Gogichaishvili A.	RAPA-18	272	González Sosa E.	SELPER-MET-05	336
Gogichaishvili A.	RAPA-41	280	Goodrich David	MICRO-03	242
Gogichaishvili Avto	RAPA-02	267	Gorian Figueroa José Jesús	GP-02	194
Gogichaishvili Avto	RAPA-04	268	Gradilla Martínez Luis Carlos	GEOQP-10	236
Gogichaishvili Avto	RAPA-07	269	Grajales Nishimura J.M.	RAPA-47 CARTEL	283
Gogichaishvili Avto	RAPA-12	271	Grajales Nishimura Manuel	RAPA-31	277
Gogichaishvili Avto	RAPA-13	271	Granados Ramírez Rebeca	SELPER-MET-02	335
Gogichaishvili Avto	RAPA-14	272	Gratton Martín	RAPA-04	268
Gogichaishvili Avto	RAPA-15	272	Green Blum María	ES-10	164
Gogichaishvili Avto	RAPA-16	272	Green Blum María	GEOH-17 CARTEL	189
Gogichaishvili Avto	RAPA-19	273	Grijalva Noriega Francisco J.	GEOF-16	172
Gogichaishvili Avto	RAPA-26	275	Grijalva Noriega Francisco Javier	ES-05	162
Gogichaishvili Avto	RAPA-34	278	Grimalsky V.	GEOF-11	170

Autores	No. de Trabajo	Pág.	Autores	No. de Trabajo	Pág.
Grimalsky V.	GEOF-33 CARTEL	179	Ibáñez Garduño Dolores	GP-07	196
Grupo de trabajo RESNOM	REDES-22 CARTEL	293	Ibáñez Garduño Dolores	GP-08	197
Guerrero García J.C.	GET-43 CARTEL	216	Iglesias Arturo	SIS-13	298
Guerrero Hernández Cirilo Joaquín	GYM-04	191	Iglesias Arturo	SIS-14	298
Guevara E.	VUL-08	314	Íñiguez Covarrubias M.	SELPER-USV-10	345
Guevara Enrique	REDES-16	290	Inzunza Luis	REDES-10	288
Guevara O. Enrique	REDES-01	284	Iriondo Alexander	ES-01	160
Guevara O. Enrique	REDES-02	284	Iriondo Alexander	GET-31	211
Guevara O. Enrique	REDES-15	290	Isiordia Paula Concepción	GEOH-12	186
Guinovart Díaz R.	SIS-04	294	Jacques Ayala César	GEOF-16	172
Gutiérrez Alejandro	MAR-02	248	Jaeger Jean Jacques	RAPA-29	277
Gutiérrez de Velasco Guillermo	MAR-07	249	Jaimes García S.	SELPER-USV-10	345
Gutiérrez de Velasco Guillermo	OCE-08	252	Jáuregui Ernesto	MICRO-08	244
Gutiérrez de Velasco Guillermo	SELPER-OCE-05	338	Jáuregui Ernesto	MICRO-10	245
Gutiérrez de Velasco Guillermo	OCE-27	259	Jáuregui Ostos Ernesto	ATM-02	147
Gutiérrez Melida	GGA-22 CARTEL	228	Javier Clara	REDES-16	290
Gutiérrez y Acosta J.	GEOF-24	174	Jazcilevich Diamant Aron	ATM-37	156
Gutiérrez y Acosta J.	GEOF-26	176	Jerónimo G.	OCE-03	251
Guzmán A.E.	GEOF-25	175	Jiménez Barroso J.	REDES-08	287
Guzmán A.E.	GET-26	209	Jiménez Barroso J.	REDES-17	291
Guzmán M.	REDES-11	288	Jiménez Barroso J.	SIS-24	302
Guzmán Speziale Marco	SIS-15	298	Jiménez Hidalgo E.	ES-09	164
Hall C.M.	GEOQP-11	236	Jiménez Illescas A.R.	OCE-13	255
Hall C.M.	VUL-24	320	Jiménez Oscar Hugo	GEOH-05	230
Hall C.M.	VUL-29 CARTEL	323	Jiménez Romano Gerardo	VUL-37 CARTEL	326
Hanning Wu	RAPA-32	278	Jiménez Suárez Gabriel	GEOH-02	182
Hayakawa M.	GEOF-11	170	Jiménez Z.	REDES-05	286
Helenes Javier	ES-13 CARTEL	165	Jödicke Hartmut	GEOF-21	173
Helenes Javier	PP-05	262	Jording Alexander	GEOF-19	173
Herguera García Juan Carlos	PP-06	263	Jording Alexander	GEOF-21	173
Herguera J.C.	PP-07	263	Juárez Aguilar Luis	GP-07	196
Herguera Juan Carlos	PP-04	262	Juárez Aguilar Luis	GP-01	194
Hernández Ávila L.	GEOF-24	174	Juárez Aguilar Luis	GP-02	194
Hernández Ávila L.	GEOF-26	176	Juárez Guerrero Jesús	VUL-33 CARTEL	324
Hernández B. María del Sol	GEOQP-20 CARTEL	240	Juárez Hernández Gabriel	SELPER-URB-01	340
Hernández Barosio Antonio	GET-32	211	Juárez Méndez Juan	SELPER-USV-09	344
Hernández Bernal Ma. del Sol	GEOQP-15 CARTEL	238	Juárez Méndez Juan	SELPER-USV-01	341
Hernández Bruno	SIS-13	298	Juárez Pedroza Héctor	OCE-18	256
Hernández Bruno	SIS-14	298	Juárez Sánchez F.	GGA-13	223
Hernández Carrillo N.	ATM-06	148	Kakazey M.	GET-11	202
Hernández Carrillo N.	ATM-07	148	Karinski Alexandre	GEOF-06	168
Hernández Madrigal V.M.	GGA-07	221	Kazatchenko Elena	GP-06	196
Hernández Madrigal V.M.	GGA-09	222	Kemper Castro Henry	REDES-03	285
Hernández Madrigal Víctor Manuel	MICRO-14	247	Kemper Castro Henry	REDES-09	288
Hernández María del Sol	GEOQP-06	234	Kemper Castro Walter	REDES-03	285
Hernández Ordóñez Rodrigo	GEOF-09	169	Kemper Castro Walter	REDES-09	288
Hernández Pérez Israel	VUL-16	317	Kiktev D.B.	ATM-38	157
Hernández Quintero Esteban	GEOF-09	169	Komatitsch Dimitri	GEOF-31	178
Hernández Quintero Esteban	GEOF-10	169	Konyaev K.V.	OCE-25	259
Hernández Raúl V.	ATM-36	156	Korolev V.	GGA-14	224
Hernández T. Teodoro	GEOQP-20 CARTEL	240	Koshevaya S.	GEOF-11	170
Hernández Teodoro	GEOQP-06	234	Koshevaya S.	GEOF-33 CARTEL	179
Hernández Treviño Teodoro	GEOQP-15 CARTEL	238	Kostoglodov V.	GPS-05	265
Herráiz M.	SIS-23	301	Kostoglodov V.	GPS-06	265
Herráiz M.	SIS-12	297	Kostoglodov Vladimir	GPS-02	264
Herrera B.J.	GEOH-14	187	Kostoglodov Vladimir	GPS-04	265
Herrera Barrientos J.	GEOH-06	184	Kotilevskaja A.M.	MICRO-12	246
Herrera Cervantes Hugo	OCE-08	252	Kotsarenko A.	GEOF-11	170
Herrera Cervantes Hugo	SELPER-OCE-05	338	Kotsarenko A.	GEOF-33 CARTEL	179
Herrera Oliva C.	SIS-29	304	Kunk Michael J.	GET-31	211
Herrera Oliva C.	SIS-30	304	Labarthe Hernández G.	VUL-27	321
Herrero Bervera E.	GET-43 CARTEL	216	Labrin Erika	GET-12	202
Hidalgo González Raquel M.	OCE-11	254	Lange R.	VUL-24	320
Higuera J.F.	GEOF-29	177	Lange R.A.	GEOQP-11	236
Hilde Thomas W.	GET-29	210	Lange R.A.	VUL-29 CARTEL	323
Hinojosa C. Alejandro	GEOH-16 CARTEL	188	Lara A.	RAPA-48 CARTEL	283
Hinojosa C. Alejandro	SELPER-INT-05	335	Larson K.M.	GPS-05	265
Hinojosa Corona Alejandro	GGA-03	219	Larson K.M.	GPS-06	265
Housh Todd B.	GET-16	204	Laverty Elsa G.	RAPA-07	269
Hueda Tanabe Yuki	RAPA-16	272	Lavier L.	GET-25	208
Huerta Casas Adriana Mireya	ATM-11	150	Lavín Miguel F.	MAR-08	249
Huerta M.	VUL-33 CARTEL	324	Lavín Miguel F.	OCE-12	254
Hurtado Artunduaga A.D.	GEOF-25	175	Lavín P. Miguel	OCE-07	252
Hurtado Artunduaga A.D.	GET-26	209	Lawton Timothy F.	ES-01	160
Hurtado Sil R.M.	GGA-13	223	Lázaro Chávez P.	SELPER-64 CARTEL	350
Hutton W.	GPS-05	265	Ledesma Vázquez Jorge	GET-42 CARTEL	216
Hutton W.	GPS-06	265	Ledesma W.	SELPER-HID-03	332
Hutton Wallis	GPS-02	264	Lemus Ramírez O.	SELPER-64 CARTEL	350
Hutton Wallis	GPS-03	264	Lermo Samaniego Javier	GET-20	206
Hutton Wallis	GPS-04	265	Lermo Samaniego Javier	REDES-03	285

Autores	No. de Trabajo	Pág.	Autores	No. de Trabajo	Pág.
Lermo Samaniego Javier	REDES-09	288	Martín Barajas A.	GET-26	209
Lewis Kenedi C.B.	VUL-29 CARTEL	323	Martín Barajas Arturo	PP-01	261
Ley García Judith	SELPER-RIE-02	339	Martín Barajas Arturo	GEOF-12	170
Ley García Judith	SELPER-URB-04	341	Martín Barajas Arturo	VUL-17	317
Linares López C.	GEOQP-01	232	Martín del Pozzo A.L.	VUL-35 CARTEL	325
Lira Herrera Héctor	VUL-32 CARTEL	324	Martín Gómez Juan	SIS-15	298
Lira Herrera Héctor	VUL-36 CARTEL	325	Martín Valencia Moreno	GEOQP-08	235
Liverman Diana	ATM-09	149	Martínez A.	VUL-08	314
Lizárraga Arciniega Román	OCE-28	260	Martínez Ángeles R.	GEOF-22	174
Lizárraga Celaya Carlos	OCE-23	258	Martínez Ángeles R.	GEOF-24	174
Lobato S. René	ATM-08	149	Martínez Ángeles R.	GEOF-26	176
Lobato Sánchez René	SELPER-MET-01	335	Martínez Ángeles R.	GEOF-27	176
López Badilla Gustavo	ATM-43	158	Martínez Ángeles Raymundo	GP-04	195
López Bertha	REDES-16	290	Martínez Ángeles Raymundo	GEOH-11	186
López C. Juan Manuel	SELPER-URB-01	340	Martínez B. Alicia	REDES-01	284
López Doncel R.	ES-03	160	Martínez de la Cerda Jesús	GEOH-13	187
López Doncel R.	ES-14 CARTEL	166	Martínez Díaz de León A.	SELPER-OCE-04	338
López García José	SELPER-USV-05	343	Martínez Díaz de León A.	OCE-22	257
López L.	SIS-40 CARTEL	308	Martínez Enrique	GET-16	204
López Loera Héctor	VUL-16	317	Martínez Estrella F.J.	GEOF-15	171
López Mariscal Manuel	OCE-09	253	Martínez Estrella F.J.	GEOM-04	230
López Martínez M.	VUL-22	319	Martínez Estrella F.J.	PP-02	261
López Martínez Margarita	GET-10	202	Martínez Gutiérrez Genaro	SELPER-CAT-02	327
López Martínez Margarita	GEOQP-09	235	Martínez Gutiérrez Genaro	SELPER-HID-01	331
López Martínez Margarita	GEOQP-10	236	Martínez López M.	RAPA-37	279
López Martínez Margarita	VUL-25	320	Martínez M.L.	SELPER-USV-07	343
López Martínez Margarita	VUL-28	322	Martínez M.L.	SELPER-USV-20	348
López Pérez Miriam Dolores	SIS-28	303	Martínez Méndez Luis Antonio	SELPER-USV-04	343
López Pineda Leobardo	SIS-28	303	Martínez Méndez Luis Antonio	SELPER-USV-15	346
Lora de la Fuente Carlos	GEOF-09	169	Martínez Noriega César	GET-22	207
Lounejeva E.	GEOQP-14 CARTEL	238	Martínez Noriega César	GGA-05	220
Lowry A.R.	GPS-05	265	Martínez Raymundo	GEOQP-06	234
Lowry A.R.	GPS-06	265	Martínez Retama Silvia	GEOH-12	186
Lozada Pérez José Antonio	SIS-16	299	Martínez Reyes Juventino	GET-37 CARTEL	213
Lozada Z. Manuel	GEOF-31	178	Martínez Reyes Juventino	GET-38 CARTEL	214
Lozada Zamaeta M.M.	GEOF-24	174	Martínez Reyes Juventino	GGA-19 CARTEL	226
Lozada Zamaeta M. Manuel	SIS-07	295	Martínez Sánchez Edgar	SELPER-ECO-01	328
Lozada Zumaeta M. Manuel	SIS-08	296	Martínez Sánchez Edgar	SELPER-ECO-05	330
Lozada Zumaeta M. Manuel	SIS-09	296	Martínez Sánchez Javier	SELPER-ECO-01	328
Lozada Zumaeta M.M.	GEOF-26	176	Martínez Sierra R.	GEOF-25	175
Lozano Angélica	SELPER-URB-02	340	Martínez Sierra R.	GET-26	209
Luhr J.F.	VUL-09	315	Martínez Yáñez M.A.	GPS-07	266
Luhr James F.	GET-16	204	Mas J.F.	SELPER-USV-02	342
Luna M.	SIS-42 CARTEL	308	Mas J.F.	SELPER-USV-06	343
Luna M.	SELPER-USV-06	343	Mas J.F.	SELPER-USV-13	346
Luna M.	SELPER-USV-18	348	Mas J.F.	SELPER-USV-16	347
Luna Rojero E.	GEOF-29	177	Mas J.F.	SELPER-USV-18	348
Luyando Elda	MICRO-08	244	Mas Jean Francois	SELPER-USV-11	345
Luzón Martínez F.	GEOF-30	178	Mas Jean Francois	SELPER-USV-14	346
Lyons John	RAPA-07	269	Masterlark Tim	GPS-03	264
Macías Marco	REDES-16	290	Mata Segura J.L.	VUL-27	321
Macías R. Consuelo	GEOQP-20 CARTEL	240	Maubert G.	SELPER-USV-21	349
Macías V. José Luis	VUL-20	318	Mayer S.	REDES-23 CARTEL	293
Macías Vázquez J.L.	VUL-27	321	Mayorga R.	SELPER-USV-02	342
Macías Vázquez José Luis	VUL-19	318	McInerney Michael	GEOH-17 CARTEL	189
Maciel Flores R.	GGA-17	225	Medina Alemán José Juan	GEOH-13	187
Magaña R. Víctor O.	ATM-03	147	Medina Ovando A.	GEOF-29	177
Magaña Víctor	ATM-18	152	Meillón M. Octavio	GEOH-16 CARTEL	188
Magaña Víctor O.	ATM-10	150	Mena Enrique	REDES-16	290
Magaña Víctor O.	ATM-13	150	Méndez Delgado Sóstenes	GEOF-01	167
Magaña Víctor O.	ATM-22	153	Méndez I.	REDES-06	286
Magaña Víctor O.	ATM-36	156	Méndez I.	SIS-18	299
Maillol J.M.	ES-11	165	Méndez Ignacio	REDES-10	288
Maillol J.M.	GEOF-15	171	Méndez Pérez Irving Rafael	MICRO-01	242
Maillol J.M.	GEOF-35 CARTEL	179	Mendoza A.E.	GEOQP-07	234
Maillol J.M.	GEOM-04	230	Mendoza Blanca	GET-36 CARTEL	213
Maillol J.M.	PP-02	261	Mendoza Borunda R.	GET-28	209
Maldonado Estrella Antonio	SELPER-USV-09	344	Mendoza Carrillo Víctor M.	MICRO-02	242
Maldonado Sánchez Ma. G.	GEOQP-16 CARTEL	239	Mendoza Castro Anayatzin S.	ATM-20	152
Manzo Delgado Lilia de Lourdes	SELPER-RIE-03	339	Mendoza Celedón B.	ATM-14	151
Marichal González A.E.	OCE-22	257	Mendoza Juan A.	REDES-13	289
Marín Stillman Luis E.	GEOH-04	183	Mendoza Luis H.	REDES-10	288
Marines Campos R.	GEOF-22	174	Mendoza V.M.	ATM-04	148
Marines Campos R.	GEOF-24	174	Mendoza V.M.	ATM-05	148
Marines Campos R.	GEOF-26	176	Mendoza Víctor M.	ATM-11	150
Márquez Azua Bertha	GPS-01	264	Mendoza Víctor M.	ATM-20	152
Martín Atienza B.	GEOF-17	172	Mendoza Víctor M.	ATM-35	156
Martín Atienza B.	GET-26	209	Meneses Mena F.	REDES-08	287
Martín Barajas A.	GET-25	208	Mengelle López Jorge Jaime	GYM-01	190
Martín Barajas A.	GEOF-25	175	Mengelle López Jorge Jaime	GYM-02	190

Autores	No. de Trabajo	Pág.	Autores	No. de Trabajo	Pág.
Mengelle López Jorge Jaime	GYM-03	190	Mouloud Bennami	RAPA-31	277
Mengelle López Jorge Jaime	GGA-06	220	Mousatov A.	GGA-14	224
Meriggi Lorenzo	GEOQP-17 CARTEL	239	Mousatov Aleksandr	GEOF-04	167
Merrifield Mark	MAR-01	248	Mousatov Aleksandr	GEOF-05	168
Metzger Klaus	GEOF-21	173	Mousatov Aleksandr	GP-06	196
Mexicano V. Lourdes	GEOH-16 CARTEL	188	Mucciarelli Marco	SIS-22	301
Michaud F.	GET-33 CARTEL	212	Muhlía Agustín	ATM-41	158
Mickus Kevin L.	GEOF-32 CARTEL	178	Mundo Molina José Alfredo	ATM-29	154
Mikumo Takeshi	SIS-11	297	Munguía L.	REDES-23 CARTEL	293
Mimiaga Mendoza Julio	GPS-04	265	Munguía Orozco Luis	SIS-38 CARTEL	307
Minjárez Sosa Ismael	SELPER-CAT-01	327	Muñiz J.J.	VUL-09	315
Minjárez Sosa José Ismael	ES-05	162	Muñoz Sevilla N.P.	GEOH-14	187
Miranda P. Julio	GEOM-01	229	Murray Chris	GEOH-17 CARTEL	189
Miranda U.	ATM-32	155	Musslewhite Chris	GEOH-17 CARTEL	189
Mitre Salazar Luis M.	GET-37 CARTEL	213	Nájera Garza J.	GGA-08	221
Mitre Salazar Luis M.	GET-38 CARTEL	214	Nájera Garza J.	VUL-21	319
Mitre Salazar Luis Miguel	GGA-19 CARTEL	226	Nájera Garza Jesús	GEOH-03	182
Moctezuma Garduza Karina I.	MICRO-13	246	Nájera Garza Jesús	GET-04	199
Mojarro Bermúdez J.	GEOQP-10	236	Nakamura E.	GGA-14	224
Mojena E.	SELPER-USV-07	343	Natividad Baizabal Miguel Ángel	MICRO-16	247
Molchanov O.	GEOF-11	170	Natividad Baizabal Miguel Ángel	MICRO-15	247
Molina Cruz A.	PP-03	262	Nava A.	REDES-06	286
Molina Cruz A.	PP-07	263	Nava A.	SIS-18	299
Molina Garza R.	RAPA-11	271	Nava A.	SIS-20	300
Molina Garza Roberto S.	RAPA-22	274	Nava Button Cuauhtémoc	MAR-05	248
Molina Garza Roberto S.	RAPA-35	278	Nava Button Cuauhtémoc	OCE-28	260
Monachesi Giancarlo	SIS-22	301	Nava De la Riva J.C.	GGA-08	221
Monballiu J.	OCE-20	257	Nava De la Riva J.C.	VUL-21	319
Monballiu J.	OCE-21	257	Nava E.	REDES-11	288
Monreal Adela	RAPA-23	274	Nava F.	SIS-29	304
Monreal Gómez Ma. A.	PP-03	262	Nava F.	SIS-30	304
Monrroy C.A.	GEOH-14	187	Nava F.A.	SIS-17	299
Montalvo A.	VUL-31 CARTEL	323	Nava F.A.	SIS-42 CARTEL	308
Montero Martínez G.	ATM-06	148	Navarro C.	VUL-09	315
Montero Martínez G.	ATM-07	148	Navarro Carlos	GGA-18 CARTEL	225
Montesinos Silva G.	ATM-14	151	Navarro Jim	MAR-02	248
Montijo G. Alejandra	SELPER-CAT-01	327	Navarro M.	REDES-23 CARTEL	293
Montijo González Alejandra	ES-05	162	Navarro Mendoza S.	GEOH-06	184
Montijo González Alejandra	GGA-04	219	Navarro Mendoza S.	GEOH-07	185
Montijo González Alejandra	GGA-16	224	Navarro Mendoza S.	GEOH-08	185
Monzón C.O.	OCE-16	256	Navarro Mendoza S.	GET-08	201
Mora G. Ignacio	REDES-02	284	Navarro Mendoza S.	GGA-10	222
Mora Vences F.	GGA-07	221	Navarro Mendoza S.	GGA-11	222
Moraila V. Carlos R.	GEOF-08	169	Navarro Mendoza S.	GGA-20 CARTEL	227
Morales Acóltzi Tomás	ATM-19	152	Navarro Ochoa Carlos	SIS-39 CARTEL	307
Morales C. Juan Julio	GEOQP-20 CARTEL	240	Navarro Ochoa Carlos	VUL-38 CARTEL	326
Morales Carolina	OCE-10	253	Navarro Olache Luis F.	OCE-24	258
Morales Contreras Juan	GEOQP-15 CARTEL	238	Navarro Pérez E.	OCE-06	252
Morales Juan	GEOQP-06	234	Negendank J.F.W.	RAPA-11	271
Morales Juan	RAPA-04	268	Negrete Aranda Raquel	GET-23	207
Morales Juan	RAPA-10	270	Negrete Raquel	RAPA-10	270
Morales Juan	RAPA-12	271	Nieto A.	REDES-11	288
Morales Juan	RAPA-13	271	Nieto Obregón Jorge	GET-20	206
Morales Juan	RAPA-14	272	Nieto Samaniego A.F.	GET-44 CARTEL	217
Morales Juan	RAPA-26	276	Nieto Samaniego A.F.	GET-15	204
Morales Juan	RAPA-39	280	Nieto Samaniego A.F.	GET-18	205
Morales Juan	SELPER-INT-04	334	Nieto Samaniego A.F.	GET-21	207
Morales Manilla Luis Miguel	SELPER-65 CARTEL	351	Nieto Samaniego Ángel Francisco	GET-13	203
Morales Manilla Luis Miguel	OCE-27	259	Norzagaray C.M.	GEOH-14	187
Morales Sánchez Claudia	ATM-31	155	Núñez Cornú F.	GGA-02	218
Morales Tomás	GGA-02	218	Núñez Cornú F.	SIS-17	299
Morandi M.	GET-33 CARTEL	212	Núñez Cornú Francisco	VUL-04	313
Morandi M.T.	SELPER-USV-06	343	Núñez Cornú Francisco	GGA-01	218
Morelos A.	SELPER-USV-18	348	Núñez Cornú Francisco	SELPER-62 CARTEL	349
Moreno María del Carmen	MICRO-08	244	Núñez Cornú Francisco J.	GEOM-02	229
Moreno María del Carmen	MICRO-10	245	Núñez López Daniel	SELPER-ECO-03	329
Morquecho Z. César	REDES-15	290	Núñez Pérez Patricia	PP-05	262
Mortera Gutiérrez C.A.	PP-02	261	Obeso Nieblas M.	OCE-13	255
Mortera Gutiérrez Carlos	GEOM-06	231	Obeso Nieblas Maclovio	SELPER-OCE-02	337
Mortera Gutiérrez Carlos A.	GET-29	210	Obeso Nieblas Maclovio	SELPER-OCE-01	337
Morton Bermea O.	GEOQP-04	233	Obeso Nieblas Maclovio	SELPER-OCE-03	337
Morton Bermea O.	GEOQP-13 CARTEL	237	Obolentseva I.R.	SIS-06	295
Morton Bermea O.	GEOQP-18 CARTEL	240	Obolentseva I.R.	SIS-21	300
Morton Bermea O.	GEOQP-19 CARTEL	240	Ocampo Torres Francisco	OCE-28	260
Mouloud Benammi	ES-06	162	Ochoa J.	MAR-10	250
Mouloud Benammi	ES-12 CARTEL	165	Ochoa Landín Lucas	GEOQP-08	235
Mouloud Benammi	RAPA-29	277	Oda Berta	ATM-35	156
Mouloud Benammi	RAPA-33	278	Oesterreich Dirk Masuch	GEOH-13	187
Mouloud Benammi	RAPA-36	279	Ojeda García A.C.	GET-21	207
Mouloud Benammi	RAPA-38	279	Oleschko Klavdia	GET-13	203

Autores	No. de Trabajo	Pág.	Autores	No. de Trabajo	Pág.
Olgin Logero F.	GGA-13	223	Pérez M.A.	GEOF-39 CARTEL	181
Olivos Ortiz Aramis	OCE-18	256	Pérez Román A.M.	VUL-21	319
Ordaz M.	SIS-12	297	Pérez Rosales C.	GEOF-29	177
Ordaz M.	SIS-23	301	Pérez Sesma José Antonio Agustín	ATM-12	150
Oropeza Beatriz	VUL-31 CARTEL	323	Pérez Soto A.	REDES-04	285
Oropeza Rosales Fernando	ATM-33	155	Pérez Soto A.	REDES-08	287
Orozco Esquivel M.T.	GET-21	207	Pérez Venzor Antonio	GET-13	203
Orozco Esquivel M.T.	GET-44 CARTEL	217	Pérez Vertti Arturo	REDES-13	289
Orozco L.	SIS-18	299	Perrin Mireille	RAPA-43	281
Orozco Luis R.	REDES-10	288	Persaud P.	GET-25	208
Ortega B.	RAPA-21	274	Persaud Patricia	VUL-17	317
Ortega García Sofía	SELPER-OCE-01	337	Pervago Evgueni	GEOF-04	167
Ortega Gutiérrez Fernando	RAPA-35	278	Peterson Rodríguez R.H.	GET-02	198
Ortega M.A.	GYM-07 CARTEL	192	Peterson Rodríguez R.H.	GET-03	198
Ortega M.A.	GYM-09 CARTEL	193	Petrone Chiara M.	VUL-28	322
Ortega R.	REDES-05	286	Plaza Felipe	OCE-10	253
Ortega Ramírez J.	GEOF-35 CARTEL	179	Pluhar Christopher	RAPA-07	269
Ortega Ramírez J.	ES-11	165	Pluhar Christopher J.	RAPA-42	281
Ortega Ramírez J.	GEOF-15	171	Ponce Urbina Rafael A.	MAR-06	249
Ortega Ramírez J.	GEOM-04	230	Porrás Vázquez M.A.	GET-14	203
Ortega Ramírez J.	PP-02	261	Porrás Vázquez M.A.	GEOQP-04	233
Ortiz Alemán C.	GEOF-30	178	Porrás Vázquez M.A.	GEOQP-18 CARTEL	240
Ortiz C. Javier	REDES-01	284	Porrás Vázquez M.A.	GEOQP-19 CARTEL	240
Ortiz C. Javier	REDES-02	284	Porrás Vázquez M.A.	GEOQP-13 CARTEL	237
Ortiz Durazo Jesús	SELPER-AGR-01	327	Posada Sánchez A.E.	REDES-08	287
Ortiz Figueroa Modesto	MAR-07	249	Posada Sánchez A.E.	REDES-17	291
Ortiz Glicinia	RAPA-23	274	Posada Sánchez A.E.	SIS-24	302
Ortiz M.	MAR-09	250	Premo Wayne R.	GET-31	211
Ortiz Modesto	MAR-11	250	Prévot Michel	RAPA-01	267
Ortiz Modesto	SELPER-CAT-03	328	Pulido Madrigal Leonardo	SELPER-ECO-08	331
Ortiz Valdez José Gumaro	GEOH-03	182	Quaas R.	VUL-31 CARTEL	323
Ortiz Valdez José Gumaro	GET-04	199	Quaas Roberto	REDES-16	290
Ortuño Maldonado Enrique	GP-01	194	Quaas W. Roberto	REDES-01	284
Ortuño Maldonado Enrique	GP-02	194	Quaas W. Roberto	REDES-02	284
Ortuño Maldonado Enrique	GP-07	196	Quaas W. Roberto	REDES-15	290
Osete López M.L.	GEOF-17	172	Quaas Weppen R.	VUL-08	314
Oskin Michael	GET-24	208	Quiceno A.	MAR-09	250
Oskin Michael	GET-27	209	Quijano Scheggia Sonia	OCE-18	256
Osorno Covarrubias Javier	SELPER-INT-04	334	Quintanar J.	REDES-05	286
Osorno Javier	SELPER-INT-02	334	Quintero Núñez Margarito	ATM-42	158
Özden Özdemir	RAPA-20	273	Ramírez A.	SELPER-ECO-02	328
Pacheco Alvarado J.	REDES-04	285	Ramírez Cruz Luis Cuauhtémoc	USOS-03	309
Pacheco J.F.	SIS-12	297	Ramírez H.	SIS-40 CARTEL	308
Pacheco J.F.	SIS-14	298	Ramírez Hernández Jorge	GEOF-16	172
Pacheco J.F.	SIS-23	301	Ramírez J.J.	VUL-09	315
Pacheco J.F.	SIS-13	298	Ramírez Juan	ATM-45 CARTEL	159
Pacheco Javier F.	REDES-12	289	Ramírez Mario	REDES-16	290
Pacheco Javier Francisco	OCE-20	257	Ramírez Ruiz Juan José	VUL-12	316
Padilla Hernández R.	OCE-21	257	Ramírez Ruiz Juan José	VUL-30 CARTEL	323
Padilla Hernández R.	SELPER-USV-06	343	Ramírez Vázquez Carlos A.	REDES-07	287
Palacio J.L.	SELPER-USV-18	348	Ramírez Vázquez Carlos A.	SIS-41 CARTEL	308
Palacio J.L.	SELPER-INT-02	334	Ramírez Vázquez Carlos A.	VUL-04	313
Palacio José Luis	SELPER-USV-21	349	Ramos E.	GEOH-15 CARTEL	188
Palacios E.	MAR-08	249	Ramos Hernández Silvia	REDES-20 CARTEL	292
Palacios Emilio	SELPER-USV-21	349	Ramos Jaime	USOS-01	309
Palacios L.	ES-15 CARTEL	166	Ramos Jaime	USOS-02	309
Palafox Reyes Juan José	SELPER-ECO-03	329	Ramos López J.I.	GEOF-18	172
Pando Moreno Marisela	MICRO-13	246	Ramos M.	RAPA-25	275
Paniagua Quiroga Jesús Darío	GEOH-03	182	Ramos Pérez Sandra	REDES-18	291
Parga Pérez José de Jesús	GET-04	199	Ramos R.	VUL-02	312
Parga Pérez José de Jesús	SIS-36 CARTEL	306	Ramos R.E.	GEOQP-07	234
Passmore P.	SELPER-MET-04	336	Ramos Rodríguez Sergio A.	OCE-28	260
Patifio Mercado Rafael	RAPA-24	275	Ramos S.	GEOH-15 CARTEL	188
Pedersen Asger Ken	OCE-27	259	Ramos Sánchez S.	PP-07	263
Pegau Scott	GGA-04	219	Ramos Sandra	REDES-16	290
Peña Coronado Saúl	GGA-17	225	Randall Roberts J.A.	GEOF-02	167
Peña García L.E.	SELPER-INT-02	334	Randall Roberts J.A.	GYM-05	191
Peralta Higuera Armando	GEOF-14	171	Randall Roberts J.A.	GYM-08 CARTEL	193
Peralta Ortega Sergio	ATM-12	150	Ranfla González Arturo	SELPER-URB-04	341
Pereyra Díaz Domitilo	MICRO-13	246	Rangel Martínez Roberto	SELPER-HID-05	333
Pereyra Díaz Domitilo	VUL-07	313	Rangel Medina Miguel	GGA-16	224
Pérez C. Nahúm	REDES-16	290	Rapalini Augusto A.	RAPA-35	278
Pérez Citlali	PP-03	262	Rebollar Bustamante Cecilio	SIS-28	303
Pérez Cruz L.	GEOF-33 CARTEL	179	Rebollar Bustamante Cecilio J.	SIS-38 CARTEL	307
Pérez Enríquez R.	GEOF-09	169	Rebollar Cecilio J.	REDES-10	288
Pérez Enríquez Román	ATM-15	151	Rebollar Cecilio J.	REDES-13	289
Pérez García Ismael	ATM-28	154	Rebollar Cecilio J.	REDES-14	290
Pérez García Ismael	ATM-10	150	Rebolledo Vieyra M.	RAPA-37	279
Pérez Joel B.	ATM-16	151	Rebolledo Vieyra Mario	RAPA-40	280
Pérez José Luis	ATM-18	152	Reyes Alfonso	REDES-19	292

Autores	No. de Trabajo	Pág.	Autores	No. de Trabajo	Pág.
Reyes Dávila G.	SIS-17	299	Ruiz Suárez Luis Gerardo	ATM-37	156
Reyes Dávila G.A.	VUL-06	313	Russell C.T.	RAPA-48 CARTEL	283
Reyes Dávila Gabriel	SIS-39 CARTEL	307	Rutz M.	GGA-02	218
Reyes Dávila Gabriel A.	REDES-07	287	Rutz M.	SIS-17	299
Reyes Dávila Gabriel A.	SIS-41 CARTEL	308	Rylov A.	GGA-14	224
Reyes Dávila Gabriel A.	VUL-04	313	Saavedra de la Cruz Gustavo	GEOM-02	229
Reyes G.A.	VUL-09	315	Sabina F.J.	SIS-04	294
Reyes López Jaime Alonso	GEOH-10	186	Sabina Federico J.	SIS-05	294
Reyes Ramos Fidel	GEOF-28	177	Sabinin V.I.	SIS-06	295
Reyes Salas M.	GEOQP-01	232	Sadovnychiy Sergiy	SELPER-URB-01	340
Reyes Zaragoza M.A.	GET-21	207	Sahay Pratap	SIS-02	294
Reyna Carranza Marco Antonio	ATM-43	158	Sahay Pratap	SIS-03	294
Reyna Trujillo Teresa	SELPER-MET-02	335	Sahay Pratap N.	SIS-01	294
Riisager Janna	RAPA-24	275	Salz J.	SELPER-HID-03	332
Riisager Peter	RAPA-08	269	Salas Cruz Alfonso	ATM-40	158
Riisager Peter	RAPA-17	272	Salas David	RAPA-23	274
Ríos Donato Nely	GGA-21 CARTEL	227	Saldaña R.	ATM-32	155
Ritsema Jeroen	REDES-14	290	Salinas Castillo Wilber	SELPER-USV-17	347
Rivas Sánchez M.	RAPA-25	275	Salinas Castillo Wilver Enrique	SELPER-ECO-06	330
Rivas Sánchez M.	RAPA-27	276	Salinas Prieto José Antonio	ATM-03	147
Rivera Recillas David E.	SIS-08	296	Sánchez A.	GGA-14	224
Rixiang Zhu	RAPA-32	278	Sánchez Carrillo Salvador	MICRO-05	243
Robles Rubio B.	SELPER-64 CARTEL	350	Sánchez Colón Salvador	SELPER-RIE-03	339
Robles Rubio B.D.	SELPER-USV-10	345	Sánchez Colón Salvador	SELPER-USV-08	344
Rodríguez Castañeda J.L.	GET-06	200	Sánchez Colón Salvador	SELPER-USV-19	348
Rodríguez Castañeda José Luis	ES-04	161	Sánchez Gómez Rubén	MICRO-15	247
Rodríguez G. Miguel	SIS-26	303	Sánchez Gómez Rubén	MICRO-16	247
Rodríguez J.	SELPER-HID-03	332	Sánchez Julia	REDES-19	292
Rodríguez J.	SELPER-USV-21	349	Sánchez M.A.	SIS-40 CARTEL	308
Rodríguez Jiménez A.	SELPER-USV-04	343	Sánchez Martínez S.	GEOQP-05	233
Rodríguez Julio	MICRO-03	242	Sánchez Mondragón J.	OCE-26	259
Rodríguez M.	SIS-40 CARTEL	308	Sánchez O.	GPS-06	265
Rodríguez Miguel	SIS-27	303	Sánchez Osvaldo	GPS-03	264
Rodríguez Miguel	SIS-31	304	Sánchez Sesma F.J.	GEOF-30	178
Rodríguez Miguel	SIS-32	305	Sánchez Sesma F.J.	USOS-05	310
Rodríguez Olayo A.	SIS-24	302	Sánchez Velasco L.	OCE-13	255
Rodríguez Ramírez Joel E.	GEOF-03	167	Sánchez Velasco Laura	SELPER-OCE-02	337
Rodríguez Ramos R.	SIS-04	294	Sánchez Velasco Laura	SELPER-OCE-03	337
Rodríguez Ríos Rodolfo	GEOQP-12 CARTEL	237	Sánchez Zamora Osvaldo	MAR-04	248
Rodríguez Torres Rafael	ES-05	162	Sánchez Zamora Osvaldo	GPS-04	265
Rojas Beltrán Marco A.	GET-23	207	Sandoval Ochoa J.H.	GEOF-24	174
Rojas García Soralia T.	SELPER-ECO-01	328	Sandoval Ochoa J.H.	GEOF-26	176
Rojas Soriano Humberto	GGA-05	220	Sandoval Ochoa J.H.	GEOF-27	176
Rojo García Paulino	GET-22	207	Saniger J.	RAPA-27	276
Roland Martín	GEOF-31	178	Santiago H.	VUL-09	315
Roldán Quintana Jaime	GET-12	202	Santiago Jiménez Hydyn	VUL-30 CARTEL	323
Rolón Iván	SIS-31	304	Santiago José Antonio	GPS-02	264
Rolón Iván	SIS-32	305	Santiago León Fausto	SELPER-63 CARTEL	350
Román G. Marlene	GEOF-31	178	Santoyo Miguel A.	SIS-11	297
Romero Benítez Víctor	RAPA-19	273	Sanvicente Sánchez Héctor	SELPER-HID-05	333
Romero de la Cruz Oscar M.	SIS-10	296	Sanz R.R.	GEOH-14	187
Romero Domínguez R.J.	GET-11	202	Sarmiento López Citlalli	GP-01	194
Romero Espejel Héctor	GEOQP-09	235	Schaaf P.	GEOQP-05	233
Romero Márquez H.	VUL-34 CARTEL	324	Schaaf P.	GEOQP-16 CARTEL	239
Romero Terán E.	VUL-24	320	Schaaf Peter	GEOQP-06	234
Romero Vargas I.	OCE-04	251	Schaaf Peter	GEOQP-15 CARTEL	238
Romo José M.	GEOF-20	173	Schaaf Peter E.	GEOF-38 CARTEL	180
Ronquillo J. Gerardo	GEOF-31	178	Schleske Enrique	SELPER-URB-02	340
Ronquillo Jarillo Gerardo	SIS-07	295	Schwarzl H.	RAPA-48 CARTEL	283
Ronquillo Jarillo Gerardo	SIS-08	296	Scolamacchia R. Teresa	VUL-20	318
Ronquillo Jarillo Gerardo	SIS-09	296	Scott Russell L.	MICRO-03	242
Rosales C.	RAPA-47 CARTEL	283	Sekerzh Zenkovich Sergey	OCE-23	258
Rosales María Carmen	RAPA-31	277	Selene Lino E.	SELPER-CAT-01	327
Rosas Elguera J.	GEOQP-16 CARTEL	239	Serrano David	OCE-17	256
Rosas Elguera J.	VUL-22	319	Serrato de la Cruz Bertha	SELPER-INT-05	334
Rosas Elguera José	RAPA-02	267	Shatagin N.N.	GYM-07 CARTEL	192
Rosas Elguera José	RAPA-07	269	Shaw John	RAPA-04	268
Rosas Elguera José	RAPA-15	272	Shevvin V.	GGA-14	224
Rosas Elguera José	RAPA-19	273	Shevvin Vladimir	GGA-15	224
Rosas Elguera José	RAPA-39	280	Shieldge J.	MICRO-06	243
Rossotti Andrea	VUL-28	322	Shirasago Germán B.	OCE-13	255
Rouwet D.	VUL-01	312	Shirasago Germán Bernardo	SELPER-OCE-01	337
Royo Ochoa M.	RAPA-18	272	Shirasago Germán Bernardo	SELPER-OCE-02	337
Rozhkov M.	SIS-36 CARTEL	306	Shirasago Germán Bernardo	SELPER-OCE-03	337
Rubinstein K.G.	ATM-17	151	Shmakina A.B.	ATM-17	151
Rubinstein K.G.	ATM-38	157	Siebe Claus	GEOQP-06	234
Rubinstein K.G.	MICRO-12	246	Siebe Grabach C.	VUL-27	321
Rueda Gaxiola Jaime	GET-01	198	Silva Corona J. Jesús	GEOH-01	182
Rueda Hurtado Rocío	SELPER-URB-03	341	Singh S.K.	SIS-12	297
Ruiz A. Laura	REDES-16	290	Singh S.K.	SIS-13	298

Autores	No. de Trabajo	Pág.	Autores	No. de Trabajo	Pág.
gh S.K.	SIS-14	298	Torres H.	REDES-23 CARTEL	293
gh S.K.	SIS-23	301	Torres Hernández J.R.	VUL-27	321
gh Shri Krishna	SIS-11	297	Torres Rodríguez Vicente	SELPER-ECO-04	329
ba Yuri	ATM-28	154	Tovar Cortés J.A.	GET-14	203
ba Yuri N.	ATM-26	154	Tovar Cortés J.A.	GEOQP-04	233
ba Yuri N.	ATM-27	154	Tovar Cortés J.A.	GEOQP-13 CARTEL	237
ba Yuri N.	ATM-39	157	Tovar Cortés J.A.	GEOQP-18 CARTEL	240
ba Yuri N.	ATM-44	159	Tovar Cortés J.A.	GEOQP-19 CARTEL	240
é Viñás J.	GEOQP-05	233	Trampert Jeannot	REDES-14	290
er A.	RAPA-21	274	Trasviña A.	OCE-05	252
er Ana María	RAPA-23	274	Trasviña A.	OCE-06	252
er Ana María	RAPA-30	277	Trasviña C. Armando	SELPER-OCE-05	338
er Arechalde A.M.	RAPA-41	280	Trasviña Castro Armando	OCE-08	252
er Arechalde A.M.	RAPA-46 CARTEL	282	Trasviña Castro Armando	OCE-27	259
er Arechalde Ana Ma.	RAPA-16	272	Trejo Morán María de los Ángeles	GEOQP-12 CARTEL	237
ís Alvarado Yolanda	SELPER-HID-05	333	Treviño C.	GEOF-29	177
ís Gabriela	GEOQP-06	234	Treviño Garza Eduardo J.	SELPER-USV-17	347
ís P. Gabriela	GEOQP-20 CARTEL	240	Treviño Garza Eduardo Javier	SELPER-ECO-06	330
ís Pichardo G.	GEOQP-05	233	Trigueros Salmerón José Ángel	SELPER-OCE-01	337
ís Pichardo Gabriela	GEOQP-15 CARTEL	238	Trojaní Luca	SIS-22	301
logashvili Jemal	RAPA-34	278	Ulacco H.	GEOF-34 CARTEL	179
lorio J.G.	GYM-07 CARTEL	192	Ulacco H.	SELPER-RIE-01	338
lorio J.G.	GYM-09 CARTEL	193	Urbano González J.J.	ES-11	165
lorio Munguía Gregorio	GET-16	204	Urbano González J.J.	PP-02	261
lorza Selene	SIS-03	294	Uribe Edgar M.	ATM-13	150
rani Dalbon Valentino	SELPER-ECO-04	329	Urrutia Fucugauchi J.	ES-11	165
rani Dalbon Valentino	SELPER-ECO-07	330	Urrutia Fucugauchi J.	GEOF-15	171
rani V.	SELPER-USV-20	348	Urrutia Fucugauchi J.	GEOF-22	174
rani Valentino	SELPER-ECO-05	330	Urrutia Fucugauchi J.	GEOF-27	176
rani Valentino	SELPER-USV-15	346	Urrutia Fucugauchi J.	GGA-13	223
to G.E.	SELPER-USV-20	348	Urrutia Fucugauchi J.	GEOM-04	230
to Galera Ernesto	SELPER-USV-15	346	Urrutia Fucugauchi J.	PP-02	261
to Galera Ernesto	SELPER-61 CARTEL	349	Urrutia Fucugauchi J.	RAPA-18	272
usa J.E.	GYM-07 CARTEL	192	Urrutia Fucugauchi J.	RAPA-37	279
eckler M.S.	GET-25	208	Urrutia Fucugauchi J.	RAPA-40	280
eckler Mike	VUL-17	317	Urrutia Fucugauchi J.	RAPA-41	280
einich Birgit	GEOH-01	182	Urrutia Fucugauchi J.	RAPA-44 CARTEL	281
ock J.M.	GET-25	208	Urrutia Fucugauchi J.	RAPA-46 CARTEL	282
ock Joann	GET-24	208	Urrutia Fucugauchi J.	RAPA-47 CARTEL	283
ock Joann	GPS-03	264	Urrutia Fucugauchi Jaime	RAPA-02	267
ock Joann M.	VUL-17	317	Urrutia Fucugauchi Jaime	GET-41 CARTEL	216
uárez Plascencia C.	GGA-02	218	Urrutia Fucugauchi Jaime	RAPA-04	268
uárez Plascencia C.	SIS-17	299	Urrutia Fucugauchi Jaime	RAPA-06	269
uárez Plascencia Carlos	GEOM-02	229	Urrutia Fucugauchi Jaime	RAPA-07	269
uárez Plascencia Carlos	SELPER-62 CARTEL	349	Urrutia Fucugauchi Jaime	RAPA-15	272
uárez Vidal F.	GEOF-25	175	Urrutia Fucugauchi Jaime	RAPA-16	272
uárez Vidal F.	GET-26	209	Urrutia Fucugauchi Jaime	RAPA-19	273
uteethorn Varavudh	RAPA-29	277	Urrutia Fucugauchi Jaime	RAPA-29	277
uter Max	SIS-34	305	Urrutia Fucugauchi Jaime	RAPA-30	277
uter Max	SIS-35	306	Urrutia Fucugauchi Jaime	RAPA-31	277
wift Donald	GEOH-17 CARTEL	189	Urrutia Fucugauchi Jaime	RAPA-33	278
wift Donald J.	ES-10	164	Urrutia Fucugauchi Jaime	RAPA-36	279
zynkaruk Ewa	GET-40 CARTEL	215	Urrutia Fucugauchi Jaime	RAPA-38	279
kafumi M.	GEOF-18	172	Urrutia Fucugauchi Jaime	RAPA-39	280
mayo A.	SELPER-USV-21	349	Urrutia Fucugauchi Jaime	VUL-16	317
apia Uresti I.	ES-03	160	Urrutia Jaime	RAPA-23	274
apia Uresti I.	ES-14 CARTEL	166	Ursúa M.	VUL-09	315
aran Y.	VUL-01	312	Utrera Zárate Alberto	MICRO-02	242
aran Y.A.	VUL-09	315	Utskins Ingrid	RAPA-17	272
aran Yuri	VUL-03	312	Vaggelli Gloira	GEOQP-17 CARTEL	239
arling D.H.	RAPA-16	272	Valdés Carlos	REDES-01	284
ecpoyotl Torres M.	GEOQP-02	232	Valdés G. Carlos	REDES-02	284
ejada Bautista Edgardo	GEOH-05	184	Valdés G. Carlos	VUL-07	313
ejada Adalberto	MICRO-08	244	Valdés González C.	VUL-08	314
ejada Adalberto	MICRO-10	245	Valdez Holguín José Eduardo	OCE-27	259
ejada Martínez Adalberto	MICRO-09	244	Valdez Madero Gonzalo	SELPER-INT-01	333
ejada Martínez Adalberto	MICRO-11	245	Valdez Moreno Gabriel	GEOQP-03	232
ejada Martínez Adalberto	MICRO-01	242	Valdez Reyes M.A.	GET-14	203
ejada Martínez Adalberto	MICRO-02	242	Valdez Reyes M.A.	GEOQP-04	233
ejero Andrade Andrés	GEOF-36 CARTEL	180	Valdez Reyes M.A.	GEOQP-13 CARTEL	237
éllez Alatorre José Armando	VUL-13	316	Valdez Reyes M.A.	GEOQP-18 CARTEL	240
ereshchenko I.E.	OCE-16	256	Valdez Reyes M.A.	GEOQP-19 CARTEL	240
ereshchenko Irina	OCE-17	256	Valdez T.	REDES-23 CARTEL	293
errazas Calderón G.D.	GET-14	203	Valdiviezo Mijangos O.	SIS-04	294
errazas Calderón G.D.	GEOQP-04	233	Valdiviezo Mijangos Oscar	SIS-05	294
errazas Calderón G.D.	GEOQP-13 CARTEL	237	Valenzuela Galván David	SELPER-ECO-05	330
errazas Calderón G.D.	GEOQP-18 CARTEL	240	Valenzuela Wong Raúl	SIS-16	299
errazas Calderón G.D.	GEOQP-19 CARTEL	240	Valiente Banuet A.	GEOF-15	171
olson G.	GET-18	205	Valiente Banuet A.	GEOF-35 CARTEL	179
olson Gustavo	GET-13	203	Valiente Banuet A.	GEOM-04	230

Autores	No. de Trabajo	Pág.
Valiente Banuet A.	PP-02	261
Valle M.O.	GEOH-14	187
Vaquera Huerta Humberto	MICRO-15	247
Vaquera Huerta Humberto	MICRO-16	247
Vargas del Río David	GYM-06 CARTEL	192
Varley N.	VUL-01	312
Varley Nick	VUL-10	315
Varley Nick R.	VUL-03	312
Vásquez López Fernando	GGA-16	224
Vassallo L.F.	GYM-07 CARTEL	192
Vassallo L.F.	GYM-09 CARTEL	193
Vassallo Morales L.F.	GET-21	207
Vázquez González Rogelio	GEOH-05	184
Vázquez González Rogelio	GEOH-09	185
Vázquez Jazmín	REDES-15	290
Vázquez Jorge L.	ATM-22	153
Vázquez L. Ricardo	REDES-15	290
Vázquez M.E.	SIS-40 CARTEL	308
Vega Guzmán Álvaro	SELPER-USV-05	343
Velasco Clímico Néctor	GP-08	197
Velasco J.	VUL-09	315
Velázquez A.	SELPER-USV-02	342
Velázquez Alejandro	SELPER-USV-11	345
Venegas Cardoso Francisco Raúl	SELPER-AGR-01	327
Venegas Cardoso Francisco Raúl	SELPER-HID-04	332
Verastegui Chávez José	SELPER-USV-17	347
Vidal A.	SIS-42 CARTEL	308
Vidal Antonio	REDES-16	290
Vilchis M.A.	ATM-32	155
Vildosola Reyes Luis	ATM-43	158
Villa T. Alberto	SELPER-CAT-01	327
Villalobos Rafael	ATM-41	158
Villanueva Elba E.	ATM-04	148
Villarreal Pulido M.	SELPER-USV-10	345
Villicaña Cruz Francisco Javier	ATM-23	153
Vlasova M.	GET-11	202
Vlasova M.	GEOQP-02	232
Walton Derek	RAPA-05	268
Watts C.	MICRO-06	243
Watts C.	SELPER-HID-03	332
Watts C.	SELPER-USV-21	349
Watts Christopher	MICRO-03	242
Watts Christopher	MICRO-07	244
Watts Christopher	SELPER-USV-03	342
Watts Christopher	SELPER-63 CARTEL	350
Weber Bodo	GEOQP-09	235
Williams David	MICRO-03	242
Wong Ortega Víctor	SIS-38 CARTEL	307
Wong V.	SIS-42 CARTEL	308
Xixi Zhao	RAPA-32	278
Xu Shunshan	GET-13	203
Xu S-S.	GET-15	204
Yagi Y.	SIS-14	298
Yagi Yuji	SIS-11	297
Yamamoto J.	REDES-05	286
Yáñez Trujillo L.	SELPER-USV-07	343
Yáñez Trujillo L.	SELPER-USV-20	348
Yáñez Trujillo Luis	SELPER-USV-04	343
Yáñez Trujillo Luis	SELPER-USV-15	346
Yu Yongjae	RAPA-03	268
Yutis Psevolod	GET-37 CARTEL	213
Yutis Psevolod	GET-38 CARTEL	214
Yutis Vsevolod V.	GEOF-38 CARTEL	180
Zaldivar Ruiz Jorge	GP-03	194
Zamudio Lara A.	OCE-26	259
Zárate del Valle Pedro F.	GYM-06 CARTEL	192
Zárate Del Valle Pedro F.	GGA-21 CARTEL	227
Zarraluqui Víctor	MICRO-10	245
Zenkovich Sergey Ya. Sekerzh	SIS-37 CARTEL	307
Zepeda A. Gil	GEOF-30	178
Zesati C.	RAPA-44 CARTEL	281
Zetina R.	SELPER-USV-16	347
Zimakov L.	SIS-36 CARTEL	306
Zobin V.M.	VUL-06	313
Zobin V.M.	VUL-09	315
Zúñiga D.M. F. Ramón	SIS-19	300
Zúñiga R.	REDES-11	288



UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.

• REUNIÓN ANUAL 2001 •

PROGRAMA GENERAL

LUNES 5	A	REGISTRO E INSCRIPCIÓN 8:00 A 9:00		Micrometeorología I		Micrometeorología II	
	B	CEREMONIA INAUGURAL		Sismología I		Sismología II	
	C			Geología y Geofísica Ambiental I		Geología y Geofísica Ambiental II	
	D			Geomorfología		Geología de Yacimientos Minerales	
MARTES 6	A	Recientes avances en Paleomagnetismo y Arqueomagnetismo I		Recientes avances en Paleomagnetismo y Arqueomagnetismo II		Recientes avances en Paleomagnetismo y Arqueomagnetismo III	Recientes avances en Paleomagnetismo y Arqueomagnetismo IV
	B	Sismología III		Sismología IV		Vulcanología I	Vulcanología II
	C	Atmósfera I	R	Atmósfera II	R	Atmósfera III	Atmósfera IV
	D	Posicionamiento Global Satelital	E	Paleoceanografía y Paleoclimatología	C	Estratigrafía y Sedimentología I	Estratigrafía y Sedimentología II
MIÉRCOLES 7	A	Recientes avances en Paleomagnetismo y Arqueomagnetismo V	C	Recientes avances en Paleomagnetismo y Arqueomagnetismo VI	E	ASAMBLEA GENERAL 2001 16:00 hrs.	CENA DE LA REUNIÓN 20:00 hrs.
	B	Vulcanología III	S	Vulcanología IV	O		
	C	Atmósfera V	O	Atmósfera VI	C		
	D	Redes Sísmicas en México I	C	Redes Sísmicas en México II	O		
JUEVES 8	A	Oceanografía I	A	Oceanografía II	M	Nivel del Mar en México: Monitoreo y Aplicaciones I	Nivel del Mar en México: Monitoreo y Aplicaciones II
	B	Geofísica I	É	Geofísica II	D	Geoquímica y Petrología I	Geoquímica y Petrología II
	C	Geología Estructural y Tectónica I		Geología Estructural y Tectónica II	A	Geología Estructural y Tectónica III	Geología Estructural y Tectónica IV
	D	SELPER Inauguración 9:00 - 9:30 hrs. Oceanografía		Asamblea SELPER 12:00 - 13:00 hrs. Riesgos Ambientales - Agricultura		SELPER Catastrofes Naturales - Uso del Suelo y Vegetación	SELPER Uso del Suelo y Vegetación
VIERNES 9	A	Oceanografía III		Geohidrología I		Geohidrología II	
	B	Geofísica III		Geofísica IV			
	C	Geología del Petróleo		Usos de la Sismología para la Delimitación y Caracterización de Yacimientos			
	D	SELPER Uso del Suelo y Vegetación - Ecología		SELPER Ecología - Meteorología y Climatología		SELPER Meteorología y Climatología e Internet	SELPER Hidrología y Urbanismo

09:00

11:00

11:15

13:15

15:30

17:30

17:45

19:45

**Recordamos a todos los miembros de la Unión Geofísica Mexicana, A.C.
que la cuota para el 2001 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
E-mail: ipedrin@cicese.mx

Araceli Chamán
Depto. de Posgrado, Instituto de Geofísica,
UNAM
Cd. Universitaria, Delegación Coyoacán,
México, 04510, D.F., México
E-mail: 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

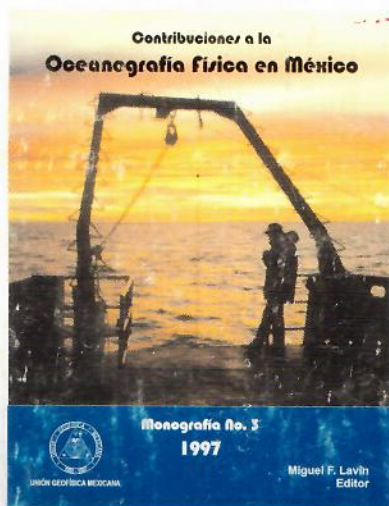
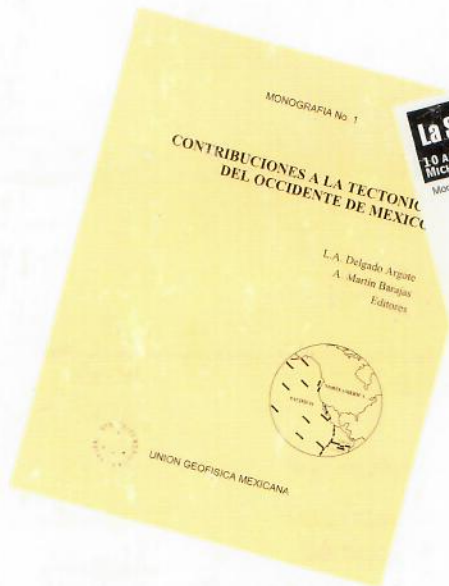
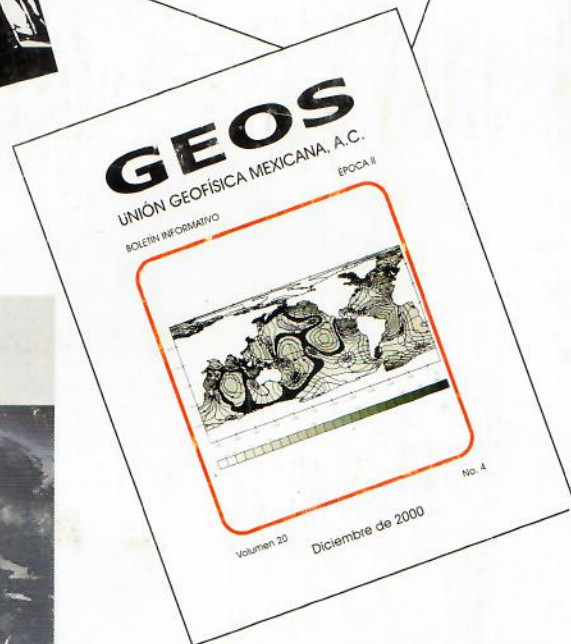
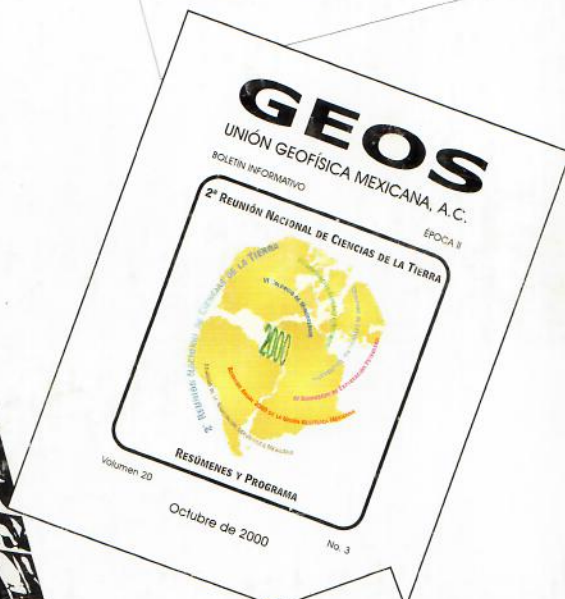
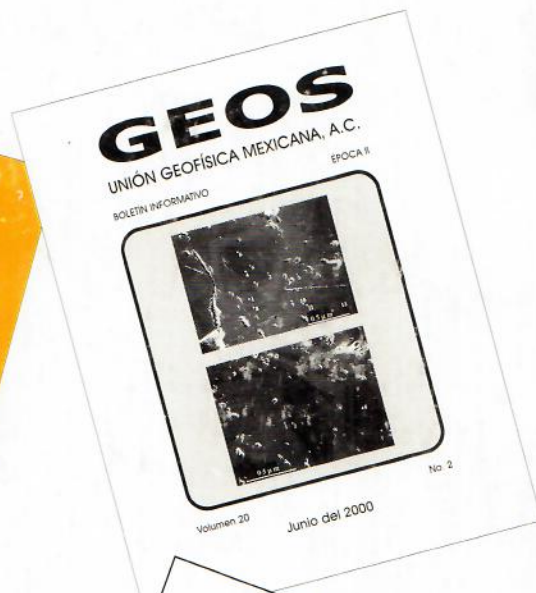
Revista a la venta con:

Costo del ejemplar \$60.00

Ivonne Pedrín Morales
División de Ciencias de la Tierra
Tel: 01(6)174-5050
Ext: 26004
E-mail: ipedrin@cicese.mx

Araceli Chamán
Depto. de Posgrado
Instituto de Geofísica
Tel: (01)5622-4130 y 5622-4137
E-mail: achaman@igeofcu.unam.mx





Tus trabajos de investigación y divulgación tienen cabida en estos foros de la Unión Geofísica Mexicana, A.C.