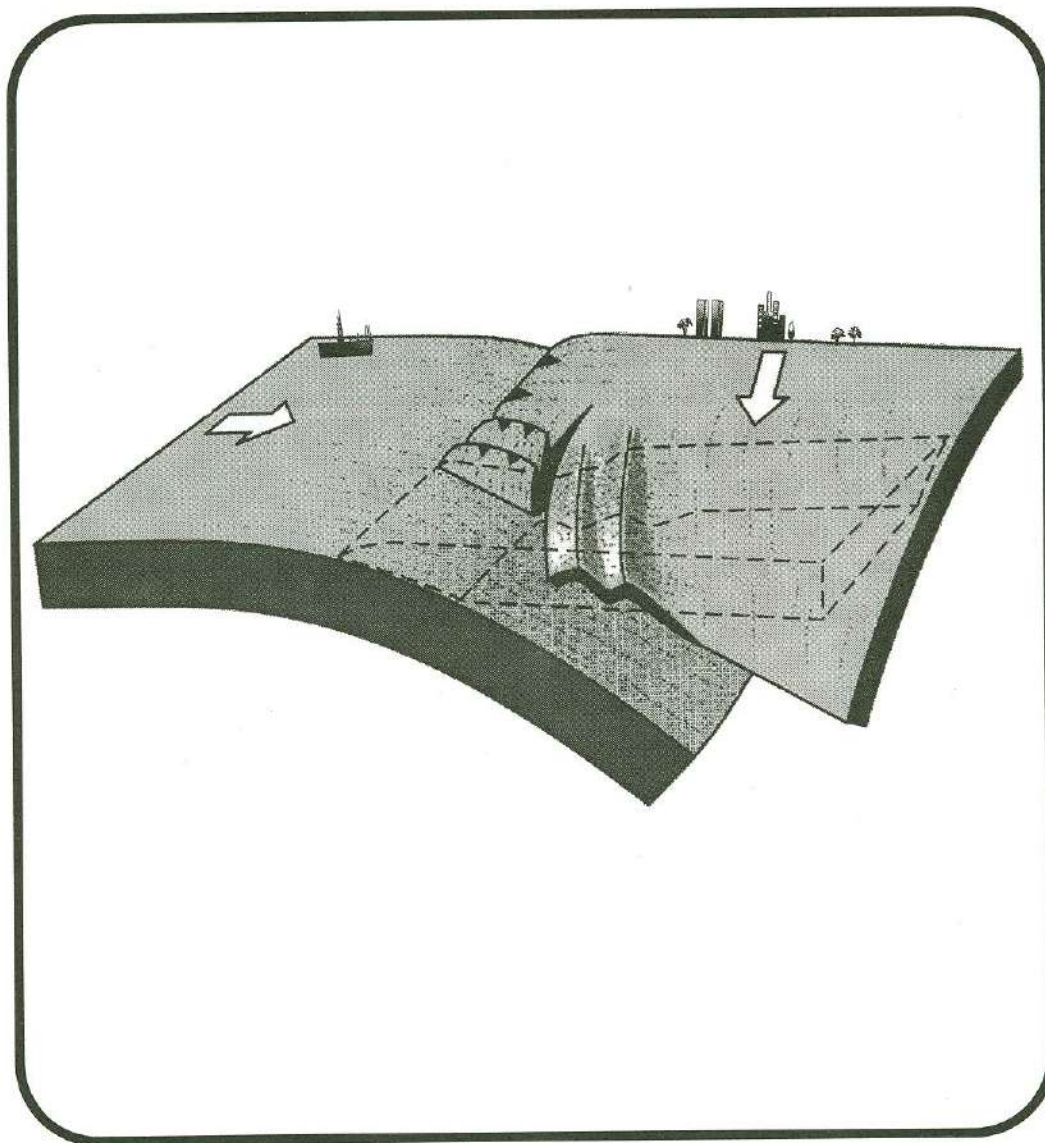


# GEOS

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA

BOLETÍN INFORMATIVO

ÉPOCA II



Volumen 16

No. 4

Noviembre de 1996

Resúmenes y Programa de la Reunión Anual

**GEOS**  
**BOLETÍN INFORMATIVO DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA**  
**(ISSN 0186-1891)**

**UNION GEOFISICA MEXICANA**  
**MESA DIRECTIVA 96-97**

**Dr. Juan Manuel Espindola Castro**  
**Presidente**

**Dr. Jose Gómez Valdés**  
**Vicepresidente**

**Dr. Marco Guzmán Speziale**  
**Secretario General**

**Dr. Juan García Abdeslem**  
**Tesorero**

**Dr. Cosme Pola Simuta**  
**Secretario de Investigación**

**M.C. Luis Alberto Delgado Argote**  
**Secretario de Difusión**

**M.C. Javier Lermo Samaniego**  
**Secretario de Educación**

**APOYO EDITORIAL**  
**Victor Manuel Frías Camacho**

**EDITOR TÉCNICO**  
**Victor Manuel Frías Camacho**

**Luis A. Delgado Argote y Juan García Abdeslem**  
**Editores**

**COMITE EDITORIAL**

Harald Bohnel, Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM  
Juan Brandi, Reflexión Sísmica, DESFI, UNAM  
Silvia Bravo, Estudios Espaciales, Instituto de Geofísica, UNAM  
Gerardo Carrasco, Vulcanología, Instituto de Geología, UNAM  
Ana Luisa Carreño, Paleontología, Instituto de Geología, UNAM  
Luis Munguía Orozco, Sismología, Div. de Ciencias de la Tierra, CICESE  
Ricardo Díaz N., Exploración Geofísica, IMP  
Hubert Fabriol, Geotermia, División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
Carlos Flores, Métodos Eléctricos y Electromagnéticos, CICESE  
José Luis Frías Salazar, Cartografía, INEGI  
Juan García A., Gravimetría y Magnetometría, CICESE  
René Garduño, Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
Juan Gaviño, Oceanografía Física, CEUNIVO, Universidad de Colima  
Manuel Grajales N., Estratigrafía, IMP  
Irma Guevara, Geoquímica, IIE  
Alejandro Hinojosa, Sistemas de Información Geográfica, CICESE  
Miguel Lavín, Oceanografía, División de Oceanología, CICESE  
Alberto López, Astronomía, Instituto de Astronomía, UNAM  
Luis Miguel Mitre, Geología Ambiental, Instituto de Geología, UNAM  
Guillermo Pérez, Exploración Petrolera, PEMEX  
Domitilo Pereyra, Meteorología, Universidad Veracruz-Jalapa  
Francisco José Sánchez Sesma, Ingeniería Sísmica, UNAM  
Mario César Suárez, Geotermia, CFE  
Oscar Talavera, Petrología, Universidad Autónoma Guerrero  
Miguel Téllez, Sedimentología, UABC  
Gustavo Tolson, Geología Estructural, Instituto de Geología, UNAM  
Joerg Werner, Geohidrología y Paleoclimatología, UANL, Linares

GEOS, Boletín Informativo de la Unión Geofísica Mexicana 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, 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 trabajos de investigación enviados para publicación no deben de exceder doce páginas en el formato de la revista. Las figuras deben de ser en blanco y negro y de buena calidad.

En el caso de noticias, comentarios u otro tipo de escritos, los manuscritos no deben de exceder cuatro cuartillas. Los trabajos y notas de investigación deberán ser enviados a los editores, quienes turnarán los documentos a los editores de área para su arbitraje.

Toda correspondencia dirigirla a:

División de Ciencias de la Tierra  
Atn: Luis A. Delgado Argote.  
Km. 107 Carretera Tijuana-Ensenada,  
Ensenada, 22860, Baja California, México  
Tel. (61) 744-501 al 05, Ext. 26020  
FAX: (61) 744-933  
E-mail: ldelgado@cicese.mx



## EDITORIAL

### ¿QUÉ HACE FALTA?

¿Qué hace falta para que las diversas sociedades de Ciencias de la Tierra realicen reuniones conjuntas? En México existen por lo menos diez organizaciones importantes que realizan reuniones anuales en áreas estrechamente relacionadas con geofísica y geología. Por muchas razones resulta importante para un gran número de profesionales el asistir a varias de estas reuniones en el mismo año, con la consecuente erosión de sus presupuestos. Si las diversas reuniones pudieran planearse para las mismas fechas y en la misma ciudad, por supuesto que todos saldríamos beneficiados.

Podría escogerse a Puerto Vallarta, o a cualquier otra ciudad con la infraestructura necesaria para recibir a varias de estas sociedades simultáneamente. No es necesario realizar las reuniones en el mismo hotel. Cada sociedad puede muy bien seleccionar su propia sede. La única condición que habría que respetar es la concerniente a las fechas y a la ciudad. También habría que coordinar las diferentes sesiones para no traslapar temas afines, y así aprovechar las ponencias que en determinada disciplina se presenten en las diversas reuniones. Lo anterior significa que podemos realizar verdaderas reuniones nacionales con la participación de prácticamente todos los interesados, y que al mismo tiempo podemos seguir existiendo como organizaciones independientes. Las reuniones se llevarían a cabo en la misma, ahorrándole tiempo a gran parte de los participante, y además con un presupuesto efectivo mucho menor al que ahora dedicamos para asistir a varias de estas reuniones. ¿Que hace falta para hacerlo?. Seguramente el primero que lo haga nos dirá, dentro de uno o dos años, que no hacia falta nada. Que lo único que faltaba era eso que a todos nos falta antes de hacer algo: hacerlo, simplemente hacerlo.

## INSTITUCIONES PARTICIPANTES

|                                                                                                                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Brown University, Rhode Island, USA                                                                                                                                      | USA        |
| Caltech, Pasadena California, USA                                                                                                                                        | USA        |
| Carnegie Institution of Washington, Department of Terrestrial Magnetism, Washington, USA                                                                                 | USA        |
| Centre National de la Recherche Scientifique and Geosciences Azur, Sophia Antipolis, Valbonne, France                                                                    | Francia    |
| Centro de Investigación Sísmica, A.C., FJBS, D.F., México                                                                                                                | México     |
| Centro Nacional de Prevención de Desastres, D.F., México                                                                                                                 | México     |
| CIATEJ, Depto. Ing. Diseño, Guadalajara, Jalisco México                                                                                                                  | México     |
| CICESE, Ciencias de la Computación, Ensenada, Baja California, México                                                                                                    | México     |
| CICESE, División de Ciencias de la Tierra, Depto. de Geofísica Aplicada, Ensenada, Baja California, México                                                               | México     |
| CICESE, División de Ciencias de la Tierra, Depto. de Geología, Ensenada, Baja California, México                                                                         | México     |
| CICESE, División de Ciencias de la Tierra, Depto. de Sismología, Ensenada, Baja California, México                                                                       | México     |
| CICESE, División de Ciencias de la Tierra, Laboratorio de Ingeniería Sísmica, Ensenada, Baja California, México                                                          | México     |
| CICESE, División de Física Aplicada, Depto. de Optica, Ensenada, Baja California, México                                                                                 | México     |
| CICESE, División de Oceanología, Depto. de Ecología, Ensenada, Baja California, México                                                                                   | México     |
| CICESE, División de Oceanología, Depto. de Física, Ensenada, Baja California, México                                                                                     | México     |
| CICESE, División de Oceanología, Depto. de Oceanografía Física, Ensenada, Baja California, México                                                                        | México     |
| CICESE, División de Oceanología, Oceanografía Física. subsede Baja California Sur, México                                                                                | México     |
| CIMAT, Valenciana, Guanajuato, México                                                                                                                                    | México     |
| CNR-Centro Studio Minerogenesi e Geochimica Applicata, Firenze, Italia                                                                                                   | Italia     |
| Columbia Mountains Institute of Applied Ecology, Revelstoke, British Columbia, Canada                                                                                    | Canada     |
| Comisión Federal de Electricidad, Campamento Mastaloya, Perote, Veracruz, Mexico                                                                                         | México     |
| Comisión Federal de Electricidad, GEIC, D.F., México                                                                                                                     | México     |
| Comisión Federal de Electricidad, Gerencia de Proyectos Geotermoelectrónicos. Campo Geotérmico Los Humeros, Pue., México                                                 | México     |
| Comisión Federal de Electricidad, Residencia de Estudios de Cerro Prieto, Baja California, México                                                                        | México     |
| Comisión Federal de Electricidad, Superintendencia de Estudios Geológicos Zona Pacífico Norte, Guadajaral Jal., México                                                   | México     |
| Comisión Nacional del Agua, Ciudad Obregón, Sonora, México.                                                                                                              | México     |
| CRIP, Grupo de Evaluación y Manejo, Instituto Nacional de la Pesca, Guaymas, Sonora, México                                                                              | México     |
| Deutsches Klimarechenzentrum GmbH der Universitaet Hamburg, Hamburg, Germany                                                                                             | Alemania   |
| Geologisches Institut der Universität, Alemania                                                                                                                          | Alemania   |
| Geology Department, SUNY at Buffalo, USA.                                                                                                                                | USA        |
| GEOMAR, Kiel, Alemania                                                                                                                                                   | Alemania   |
| Hydrometcentre of Russia, Moscow, Russia                                                                                                                                 | Rusia      |
| ICM-CSIC, Depto. Geología Marina, Barcelona, España                                                                                                                      | España     |
| Institut für Geotechnik, Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, Deponiebau und geotechnische Sicherungsverfahren der TU Bergakademie Freiberg, Zuercherstr. Freiberg, Alemania | Alemania   |
| Institut für Meereskunde, Uni-Hamburg, Troplowitzstr, Hamburg, Germany.                                                                                                  | Alemania   |
| Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Rusia                                                                                                               | Rusia      |
| Instituto Costarricense de Electricidad, San José, Costa Rica.                                                                                                           | Costa Rica |
| Instituto de Ciencias de la Tierra «Jaume Almera», Depto. Geofísica, CSIC, Barcelona, España                                                                             | España     |
| Instituto de Investigaciones Eléctricas, Depto. Fuentes no Convencionales, Cuernavaca, Mor., México                                                                      | México     |
| Instituto de Investigaciones Eléctricas, Temixco, Cuernavaca, Morelos, México                                                                                            | México     |
| Instituto Geográfico Nacional, Madrid, España                                                                                                                            | España     |
| Instituto Mexicano de Petróleo, D.F., México                                                                                                                             | México     |
| Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Subcoordinación de Hidrología Subterránea, Jiutepec, Morelos, México                                                          | México     |
| Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Agrícola Experimental Bajío                                                                | México     |
| Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Dirección de Investigación Científica, D.F. México                                                                      | México     |
| Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, Baja California Sur, México                                                       | México     |
| Instituto Politécnico Nacional, Ciencias Básicas UPIICSA, D.F., México                                                                                                   | México     |
| Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR, COFAA, Michoacán, México                                                                                                         | México     |
| Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR, Unidad Oaxaca, Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca, México                                                                             | México     |
| Instituto Politécnico Nacional, ESIA, Unidad Ticomán, 07330 D.F., México                                                                                                 | México     |
| Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, México.                                                                                                            | México     |
| Instituto Tecnológico del Mar, Guaymas, Sonora, México                                                                                                                   | México     |
| Laboratoire de Géodynamique Sous-Marine, Villefranche sur mer, Francia.                                                                                                  | Francia    |
| Laboratorio de Geomagnetismo de Saint-Maur, Francia                                                                                                                      | Francia    |
| Lehrstuhl für Ingenieurgeologie und Hydrogeologie der RWTH-Aachen, Lochnerstr. Aachen, Alemania                                                                          | Alemania   |
| Los Alamos National Laboratory, EES-1, MS D-462, Los Alamos NM, USA                                                                                                      | USA        |
| Marine Hydrophysical Institute, Sevastopol, Ukraine                                                                                                                      | Ucrania    |
| Nobeyama Radio Observatory, Minamisaku, Nagano, Japan                                                                                                                    | Japón      |
| ORSTOM, France                                                                                                                                                           | Francia    |
| Scripps Institution of Oceanography, Global Drifter Program, La Jolla California, USA                                                                                    | USA        |
| Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, Matamoros, Nuevo León, México                                                                                                  | México     |
| Tijberg 2, 2716 LH Zoetermeer, Holanda.                                                                                                                                  | Holanda    |
| UABC, Facultad de Ciencias Marinas, Unidad Ensenada, Ensenada, Baja California, México                                                                                   | México     |
| UABC, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Unidad Ensenada, Ensenada, Baja California, México                                                                     | México     |
| UMSNH-IIM, Depto. de Geología y Mineralogía, Morelia, Michoacán, México                                                                                                  | México     |



|                                                                                                                                                        |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Depto. Teoría del Clima y Predicción, D.F., México                                                           | México        |
| UNAM, DEPII, Depto. Ingeniería Informática, D.F., México                                                                                               | México        |
| UNAM, Depto. de Yacimientos Minerales, Facultad de Ingeniería, D.F., México                                                                            | México        |
| UNAM, Facultad de Ingeniería, D.F., México                                                                                                             | México        |
| UNAM, IIMAS, D.F., México                                                                                                                              | México        |
| UNAM, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, D.F., México                                                                                         | México        |
| UNAM, Instituto de Física, D.F., México                                                                                                                | México        |
| UNAM, Instituto de Geofísica, Depto. de Sismología y Vulcanología, D.F., México                                                                        | México        |
| UNAM, Instituto de Geofísica, Depto. Química Analítica, D.F., México                                                                                   | México        |
| UNAM, Instituto de Geofísica, Estación Regional del Noroeste                                                                                           | México        |
| UNAM, Instituto de Geofísica, Posgrado en Ciencia de la Tierra, D.F., México                                                                           | México        |
| UNAM, Instituto de Geología, D.F., México                                                                                                              | México        |
| UNAM, Instituto de Geología, ERCE, Guanajuato, Guanajuato, México                                                                                      | México        |
| UNAM, Instituto de Geología, Estación Regional del Centro, Guanajuato, Guanajuato, México                                                              | México        |
| UNAM, Instituto de Geofísica, Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, D.F., México                                                         | México        |
| UNAM, Instituto de Ingeniería, D.F., México                                                                                                            | México        |
| UNAM, Instituto de Ingeniería, Depto. de Hidráulica, D.F., México                                                                                      | México        |
| UNAM, Instituto de Ingeniería, Depto. de Ingeniería Sismológica, D.F., México                                                                          | México        |
| UNAM, Posgrado en Ciencias de la Tierra, UACPyP-CCH, D.F., México                                                                                      | México        |
| UNAM, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Laboratorio de Geología Marina, Estación Mazatlán, Mazatlán, Sinaloa, México                         | México        |
| Universidad Autónoma de Baja California Sur, Depto. de Geología, La Paz, Baja California Sur, México                                                   | México        |
| Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra, Linares, Nuevo León, México                                                     | México        |
| Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, San Luis Potosí, San Luis Potosí, México                                               | México        |
| Universidad Autónoma de Santo Domingo, República Dominicana                                                                                            | R. Dominicana |
| Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Físico-Matemáticas, Culiacán, Sinaloa, México                                                             | México        |
| Universidad Complutense de Madrid, Depto. de Geofísica, Facultad Ciencias Físicas, Madrid, España.                                                     | España        |
| Universidad de California en Berkeley, Depto. de Geografía, California, USA                                                                            | USA           |
| Universidad de Chile, Depto. de Geofísica, Santiago de Chile, Chile                                                                                    | Chile         |
| Universidad de Colima, Centro Universitario de Investigación en Ciencias Básicas, Colima, Colima, México                                               | México        |
| Universidad de Colima, Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Manzanillo, Colima, México                                               | México        |
| Universidad de Colima, Observatorio Vulcanológico, Colima, Colima, México                                                                              | México        |
| Universidad de Colima, RESCO, Colima, México                                                                                                           | México        |
| Universidad de Costa Rica, UCR, San José, Costa Rica.                                                                                                  | Costa Rica    |
| Universidad de Guadalajara, Centro de Ciencias de la Tierra, CUCEI, Guadalajara, Jalisco, México                                                       | México        |
| Universidad de Guadalajara, Centro Universitario en Ciencias Exactas e Ingeniería, Depto. de Física, Guadalajara, Jalisco, México.                     | México        |
| Universidad de Guadalajara, CUC, Puerto Vallarta, Jalisco, México                                                                                      | México        |
| Universidad de Guadalajara, Depto. de Geografía y Ordenación Territorial, Guadalajara, Jalisco, México                                                 | México        |
| Universidad de Guadalajara, Depto. Física, Instituto de Astronomía y Meteorología, Guadalajara, Jalisco, México                                        | México        |
| Universidad de Guadalajara, Depto. Geografía, Guadalajara, Jalisco, México.                                                                            | México        |
| Universidad de Guadalajara, Facultad de Geografía y Ordenación Territorial, Guadalajara, Jalisco México                                                | México        |
| Universidad de Guadalajara, Instituto de Astronomía y Meteorología, Depto. de Física, Guadalajara, Jalisco, México.                                    | México        |
| Universidad de Guanajuato, Depto. de Agronomía, Instituto de Ciencias Agrícolas, Guanajuato, Guanajuato, México                                        | México        |
| Universidad de Los Andes, Laboratorio de Geofísica, Depto. de Física, Facultad de Ciencias, Mérida, Venezuela                                          | Venezuela     |
| Universidad Nacional, Laboratorio de Oceanografía Costera, Heredia, Costa Rica                                                                         | Costa Rica    |
| Universidad Veracruzana, Especialidad en Climatología, Xalapa, Veracruz, México                                                                        | México        |
| Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Atmosféricas, Xalapa, Veracruz, México                                                                   | México        |
| Université Pierre et Marie Curie and Centre National de la Recherche Scientifique and Geosciences Azur, Villefranche sur mer, France                   | Francia       |
| Université Pierre et Marie Curie and Centre National de la Recherche Scientifique and Lab. de Géodynamique, Tectonique et Environnement, Paris, France | Francia       |
| Université Pierre et Marie Curie and Laboratoire de Tectonique Quantitative, Paris, Francia                                                            | Francia       |
| University of Alberta, Department of Physics, Edmonton, Alberta, Canada                                                                                | Canada        |
| University of California, Berkeley, Department of Geography, California, USA                                                                           | USA           |
| University of California, Earth Sciences Board, Santa Cruz, California, USA                                                                            | USA           |
| University of California, Marine Science Institute, Department of Geological Sciences, Santa Barbara, California, USA                                  | USA           |
| University of Edinburgh, Department of Geography, Edinburgh, UK                                                                                        | Inglaterra    |
| University of Hamburg, Institute of Oceanography, Troplowitzstr, Hamburg, Alemania                                                                     | Alemania      |
| University of Hawaii, SOEST, Honolulu Hawaii, USA                                                                                                      | USA           |
| University of Maryland, Department of Astronomy, MD, USA                                                                                               | USA           |
| University of New York at Buffalo, Department of Geology, State Buffalo, New York, USA                                                                 | USA           |
| University of Oregon, Department of Geological Sciences, Eugene, Oregon, USA                                                                           | USA           |
| University of Texas at Austin, Department of Geological Sciences, Austin, Texas, USA                                                                   | USA           |
| University of Wales, School of Ocean Sciences, Menai Bridge, UK                                                                                        | Inglaterra    |
| Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Mass., USA                                                                                           | USA           |

## INDICE GENERAL

### SESIONES REGULARES

|                                 | PÁGINA |
|---------------------------------|--------|
| CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA .....  | 171    |
| CIENCIAS DEL MAR .....          | 180    |
| FÍSICA ESPACIAL .....           | 183    |
| GEOFÍSICA DE EXPLORACIÓN .....  | 185    |
| GEOHIDROLOGÍA .....             | 190    |
| GEOLOGÍA .....                  | 195    |
| GEOQUÍMICA .....                | 203    |
| PALEOMAGNETISMO TERRESTRE ..... | 208    |
| SISMOLOGÍA .....                | 210    |
| VULCANOLOGÍA .....              | 220    |

### SESIONES ESPECIALES

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| CORTES 96 .....                            | 226 |
| DINÁMICA DE MARES MARGINALES .....         | 230 |
| EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE MÉXICO .....        | 234 |
| GEOTERMIA .....                            | 237 |
| LA SEQUÍA EN MÉXICO .....                  | 240 |
| MODELACIÓN NUMÉRICA DEL OCÉANO .....       | 242 |
| PALEOCEANOGRAFÍA Y PALEOCLIMATOLOGÍA ..... | 245 |
| PROBLEMAS INVERSOS EN GEOCIENCIAS .....    | 248 |
| SIMULACIÓN DEL OLAJE Y SU DINÁMICA .....   | 254 |
| SISMOS RECIENTES DE MÉXICO .....           | 257 |
| TECTÓNICA DE MÁRGENES CONTINENTALES .....  | 260 |
| ÍNDICE DE AUTORES .....                    | 264 |
| HORARIO DE SESIONES .....                  | 270 |
| PROGRAMA GENERAL .....                     | 285 |



CA.01

# **ENFRIAMIENTO EN EL MÍNIMO DE MAUNDER CALCULADO CON EL MODELO TERMODINÁMICO**

Rene Garduño<sup>1</sup>, Julian Adem<sup>1</sup> y Blanca Mendoza<sup>2</sup>

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

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

Se calcula la irradiación solar del Mínimo de Maunder (1660-1720), que resulta disminuida en aproximadamente 0.5% respecto al valor actual. Este parámetro se mete al Modelo Termodinámico del Clima de Adem como forzamiento externo para simular el correspondiente cambio climático. Otro forzamiento usado es el nivel preindustrial del CO<sub>2</sub> atmosférico, el cual refuerza el enfriamiento. Con ambos forzamientos y los 3 retroalimentadores climáticos (criósfera, nubosidad y vapor de agua) resulta una anomalía de temperatura de -0.6° C respecto al clima actual, la cual concuerda con la calculada por otros autores y los escasos registros históricos.

CA.02

# **SIMPLE ATTRACTIVE SETS OF VISCOUS FLUID ON A SPHERE UNDER QUASI-PERIODIC FORCING**

Yuri N. Skiba

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, CP. 04510, México, D.F.

Simple attractive sets of a viscous incompressible fluid on a sphere under a quasi-periodic polynomial forcing are considered. Each set is a vorticity equation (VE) quasi-periodic solution of the complex  $(2n+1)$ -dimensional subspace  $H(n)$  of homogeneous spherical polynomials of degree  $n$ . The Hausdorff dimension of its path being an open (endless) spiral densely wound around a  $2n$ -dimensional torus in  $H(n)$ , generally equals to  $2n$ . As the generalized Grashof number  $G$  becomes small enough then the basin of attraction of such a spiral solution is expanded from  $H(n)$  to the entire VE phase space. It is shown that for each  $G$ , there exists an integer  $n(G)$  such that the spiral solution generated by any forcing of  $H(n)$  with the number  $G$  and  $n > n(G)$  is globally asymptotically stable. Thus, whereas the Hausdorff dimension of the fluid attractor under a stationary forcing is limited above by the Grashof number  $G$ , the Hausdorff dimension of the spiral attractive solution (equal to  $2n$ ) may, for a fixed  $G$ , become arbitrary large as the degree  $n$  of the quasi-periodic polynomial forcing grows. Since small-scale quasi-periodic functions more adequately depict the barotropic atmosphere forcing, this result is of meteorological interest and shows that the dimension of the attractive sets depends not only on the forcing amplitude, but also on its spatial and temporal structure.

CA.03

# **EL MODELO BAROCLÍNICO DE DOS PARAMETROS SEMIOPERATIVO**

Enrique Azpra-Romero

Centro de Ciencias de la Atmósfera, Circuito Exterior, CU.,  
UNAM., México D.F.

Una vez que se tiene semioperativo el modelo Baroclínico de

dos parámetros, dado que se le ha incorporado el análisis objetivo en 250, 500 y 700 mb, se procede a realizar una evaluación de su comportamiento bajo dos tipos de frontera E-W diferentes: condiciones cíclicas y fijas. Se encontró que no existe una diferencia significativa entre sus resultados; es decir el coeficiente de correlación y la raíz del error cuadrático tuvieron prácticamente el mismo valor. Posteriormente se procederá a evaluar el error sistemático entre el campo pronosticado y su verificación en el campo actual.

CA.04

# **REALIZACIÓN DEL MODELO NUMÉRICO TRIDIMENSIONAL EN S-SISTEMA DE COORDENADAS PARA EL TRANSPORTE DEL VAPOR DE AGUA EN LA REPÚBLICA MEXICANA**

Valentina Davydova-Belitskaya<sup>1</sup> y Yuri N. Skiba<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Astronomía y Meteorología, Depto. de Física,  
Universidad de Guadalajara, Av. Vallarta #2602, CP. 44100,  
Guadalajara, Jal., México.

<sup>2</sup> Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, México, D.F.

Para obtener la distribución espacial del vapor de agua y su dinámica en el tiempo, con el interés de determinar lugares menormente secos para fines astronómicos y con el objetivo de analizar las causas y dinámica de sequías devastadoras ocurridas en el norte de México en el transcurso de los últimos 5 años, es necesario estimar el contenido climatológico del vapor de agua en la atmósfera y su variación espacio-temporal. Una de las herramientas para los objetivos de estos dos estudios es un modelo numérico de transporte del vapor de agua sobre la República Mexicana. En este trabajo se analiza la estabilidad del modelo y su convergencia para obtener la única solución, trabajando en s-sistema de coordenadas el cual refleja la complejidad topográfica del país. La capa inferior de este sistema es la superficie terrestre y la superior es el nivel de 300 mb aproximadamente, en donde la temperatura de la atmósfera sea menor a 40 °C bajo cero, lo que impide la presencia del vapor de agua en estado líquido y/o gaseoso. Otro de los objetivos del trabajo es establecer un sistema de interpolación óptimo para las condiciones de una rara red de puntos de observación, cuya información se toma como base de datos inicial para el momento de  $t=0$ . Además se escogen las condiciones de frontera, tomando en cuenta las particularidades de la malla regular seleccionada para este modelo, que cubre el territorio de la República Mexicana en sus partes continental y oceánica. La información climatológica para la realización de este modelo fué proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional Mexicano.

CA.05

# **EL MODELO BAROTRÓPICO DE ECUACIONES PRIMITIVAS**

Francisco Javier Villicaña-Cruz

Centro de Ciencias de la Atmósfera, Circuito Exterior, CU.,  
UNAM., México D.F.

En este trabajo se resuelve el modelo divergente conociendo el campo de altura geopotencial, desde el cual se determinan los campos de las componentes del viento horizontal. Encontrándose



que si la rapidez horizontal al cuadrado crece el parámetro de coriolis también aumenta, por lo cual el valor absoluto del movimiento vertical es del mismo orden en toda la región.

CA.06

# **SPECTRAL APPROXIMATION IN THE NUMERICAL STABILITY STUDY OF VISCOUS NON-DIVERGENT FLOWS ON A SPHERE**

Yuri N. Skiba

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, CP. 04510, México, D.F.

The accuracy of calculating the normal modes in the numerical linear stability study of two-dimensional viscous incompressible flows on a rotating sphere is analyzed. Discrete spectral problems are obtained by truncating the Fourier series of the spherical harmonics for both the basic flow and the disturbances to spherical polynomials of degrees  $K$  and  $N$ , respectively. The spectral theory of the closed operators by Descloux, Luskin and Rappaz (1981), and embedding theorems for the Hilbert and Banach spaces of smooth functions on a sphere are used to estimate the rate of convergence of the eigenvalues and eigenvectors. It is shown that the convergence takes place if the basic state is sufficiently smooth, and the truncation numbers  $K$  and  $N$  of Fourier's series for the basic flow and disturbances tend to infinity keeping the ratio  $N/K$  fixed (or bounded). The convergence rate increases with the smoothness of the basic flow and with the power of the Laplace operator in the vorticity equation diffusion term. Dependence of the vorticity equation diffusion coefficient is weak.

CA.07

# **SPECIAL ARCHIVE FOR TESTING POLLUTION TRANSPORT MODELS AND INVESTIGATION LONG-LIFE POLLUTION DISTRIBUTION**

K. Rubinstein<sup>1</sup>, J. Resnjansky<sup>2</sup>, D. Kiktev<sup>2</sup>, E. Kruglova<sup>2</sup>,  
A. Zelenko<sup>2</sup> and I. Kulakova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hydrometcentre of Russia, Russia, Moscow, Predtechenski 9-13

<sup>2</sup> Instituto de Astronomía y Meteorología Universidad de Guadalajara, Av. Vallarta# 2602, C.P. 44100

<sup>2</sup> E-mail: rusgmc@glas.apc.org

A specialised multiannual archive of daily meteorological data (SMADMD-96) was created for providing with the information of the evaluation of the airborne pollution transport and deposition within the scale of the Northern Hemisphere. It includes ordered sets of numerical files each of which represents this or that two dimensional meteorological field prescribed in 99x99 nodes of regular grid in the plane of stereographic projection with gridsize 150x150 km in latitude 60°N. The grid covers the major part of the Northern Hemisphere. The time period covers series of 22 years beginning with 1 January 1967 to 31 December 1988. (in version SMADMA-97 the time period will be to 31 December 1996). Thus series consists of four daily periods 00, 06, 12 and 18 GMT. Each data portion for one time interval incorporates 13 two-dimensional meteorological fields: horizontal component of wind speed at the sea level and at isobaric surfaces 1000, 850, 700, 500 gPa; air temperature at the sea level and isobaric surfaces 1000,

850,700,500 gPa; mean precipitation rate during 6-hourly intervals. The archive was compelled on the basis of the following data:

1. CD NMC/NCAR with daily data of the objective analysis of US National Meteorological Centre (NMC).

2. Data Set of Hydrometcentre of Russia with monthly precipitation sums in latitudinal-longitudinal grid covering land domain of the Northern Hemisphere.

3. Climatic fields of monthly precipitation.

Some parts of meteorological fields in SMAEMD archive were obtained by interpolation of the initial data, and the other part was reproduced by special procedures (for ex: procedure of receiving daily precipitation from monthly data), described in report. In report were shown some characteristics of Archive.

CA.08

# **ESTUDIO Y ANÁLISIS DE CAMPOS DE LOS PARÁMETROS TERMODINÁMICOS EN LA ATMÓSFERA INFERIOR SOBRE LA REPÚBLICA MEXICANA**

Valentina Davydova-Belitskaya y Alejandro Martínez-Zatarain

Instituto de Astronomía y Meteorología, Depto. de Física,  
Universidad de Guadalajara, Av. Vallarta #2602, CP. 44100,  
Guadalajara, Jal., México.

En este trabajo se presentan los resultados preliminares del análisis para los campos de temperatura, humedad específica, agua precipitable, presión y vientos sobre los niveles isobáricos estándares de la atmósfera superior para 1993-1995. Para la construcción de estos se tomó la información de radiosondeo-viento de 14 estaciones aerológicas en la República Mexicana. El proceso de decodificación de los parámetros de radiosondeo y cálculo de los demás parámetros de interés se programó utilizando las herramientas del lenguaje de C++ y Borland C y un algoritmo matemático basado en las ecuaciones de física termodinámica de la atmósfera. Del proceso de decodificación y de cálculo se obtuvieron los perfiles verticales para los parámetros de la atmósfera superior anteriormente mencionados, las cuales se utilizaron para construir campos sobre los niveles isobáricos de 1000, 850, 700, 500, 400, 300 mb (los niveles de 250, 200, 150 y 100 mbs están en proceso). Su construcción se realizó con un software comercial, probando 4 técnicas de interpolación: Krigging, Basic Function, Invers Distance y Polinomial, con el fin de escoger la óptima. Como criterio de comparación para la selección de técnicas, se tomaron campos de distribución de los parámetros de la atmósfera superior realizados con métodos numéricos por un grupo de investigadores de NOAA y publicados sobre Internet en marzo de 1996. Además se hizo una estimación de los errores de interpolación entre los dos modelos: modelo numérico de NOAA y el modelo que proponemos (utilizado para el período 1993-1994).



CA.09

# CLIMATE AND OPTIMIZATION OF NATURAL RESOURCES

Walter Ritter-Ortiz and Sergio Guzmán-Ruiz  
Center for Atmospheric Sciences, UNAM, México D.F. 04510

The net natural productivity ( $B_{NN}$ ) studies in continued form and on a long range basis are scanty; this impedes the use of management models of natural resources on ecological terms and multidisciplinary vision that permits the optimal decision making of the divers aspects of biotics resources. In order to acquire a practical methodology of immediate use for the  $B_{NN}$  computation and its involved dynamics, and that containing a large potentiality in the use of decision making for the continuity and optimization of natural resources as well as the acquisition of the maximum sustained yield (MSY), use is made of the  $B_{NN}$  annual empirical models for the divers ecosystems from climatic parameters. It is also computed the stability of the annual  $B_{NN}$  for different ecological environments by comparing the self-values of the community matrix resultant from biological interaction with the variance of the climatic environmental randomness (precipitation). Deriving ecosystems whose  $B_{NN}$  fluctuates near and around their equilibrium values or Maximal Sustained Capacity of the system (MSY). The ecological method based on graphs coincides with the theoretical-statistical Hamiltonian in giving the values for the system sensibility as a function of a ratio which is directly proportional to the critical limiting climatic factor (frost number) and is inversely related to the existent  $B_{NN}$  value size.

CA.10

# THE POSSIBLE CHANGES OF WATER BALANCE IN THE CASES OF DEFORESTATION SOME AREAS IN RUSSIA AND MEXICO (RESULTS OF NUMERICAL CLIMATE MODELLING)

K. Rubinstein<sup>1</sup>, and A. Shmakin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hydrometcentre of Russia, Russia, Moscow, bol. Predtechenski 9-13

<sup>1</sup> Instituto de Astronomía y Meteorología, Universidad de Guadalajara, Av. Vallarta# 2602, CP. 44100  
E-mail: rusgmc@glas.apc.org

<sup>2</sup> Institute of Geography, Russian Academy of Sciences  
E-mail: climat@glas.apc.org

New parameterization scheme of land hydrology, included vegetation escribed in Smakin and Rubinstein (Meteorologia y Geohidrologia, 1996) was incorporated into the Global Climate Model of the Hydrometeorological Center of Russia. The hydrodynamic atmospheric model based on integrating set of primitive equations. A spectral-grid approach is used when solving equations of the model. The resolution in the horizontal is 21 harmonics; the triangular truncation is used with T21 resolution and 45 min time step. The vertical resolution is 15 sigma-levels most frequently arranged in the lower troposphere. Detailed parametrizations of the sub-grid physical processes are included in the model. These are cloud-radiation interaction, convective processes, turbulent heat and moisture exchange, large-scale condensation, and land surface processes. In the scheme of land hydrology considers the orography at the scales of elementary

valleys (runoff formation description) and of large river basins (horizontal runoff redistribution and soil water replenishment). The model includes the parametrizations of all main physical processes in the atmosphere, as well as the annual cycle of the solar radiation. The vegetation and soil features are taken into account too. The horizontal river transport was applied every steps. During the experiments it was fixed ocean surface temperature. A series of numerical experiments was carried out with different spatial dispositions and characteristics of taiga forest in Siberia and vegetation in the centre of México. An inclusion of the river transport itself provides geographical redistribution of the water sources/sinks on the land surface, as well as considerable changes in precipitation and evaporation fields and atmospheric circulation over the México and south-eastern Asia. The changes in the position and characteristics of vegetation lead to the transformations of the fields of all water balance components too. Inclusion of river runoff into the GCM provides the estimates of water resources under different antropogenic scenarios.

CA.11

# SOBRE LOS MÉTODOS PARA LA VALUACIÓN BIOCLIMÁTICA EN UNA CIUDAD EN LOS TRÓPICOS

E. Jauregui<sup>1</sup>, J. Cervantes<sup>1</sup> y A. Tejeda<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver.

La valuación bioclimática humana en áreas urbanas es de interés para determinar sobre el grado de comodidad/incomodidad ambiental para la población de una ciudad a lo largo de un ciclo diurno y a través del año. Esta información es útil para la planeación urbana, en particular para las ciudades medias y grandes de nuestro país. Existen varios métodos para evaluar el bioclima de un lugar. El enfoque sintético o empírico combina diversas variables meteorológicas para expresar el confort ambiental, entre otros se pueden mencionar:

- a) Temperatura efectiva/resultante (TE/TR), índice de desconfort (ID) propuestos por Missenard en 1937, Thom en 1956 y Sohar en 1967 (Hentschel, 1896).
- b) El índice poder de enfriamiento (K) propuesto por Sipple y Passel en 1945 (Belafoutis, 1989).
- c) Temperatura equivalente (Teq) propuesta por Flach en 1957 (Brundl y Hoppe, 1984).
- d) Entalpía (E) propuesta por Gregorczuk (1968).
- e) Índice de esfuerzo relativo (IER) (McGregor, 1995).

Estos índices son válidos para ciertas condiciones de viento, radiación, actividad y vestido. El enfoque analítico explica el confort con base en el balance energético humano (BEH), por ejemplo, el modelo propuesto por Fanger (PMV) (1970). En los últimos años ha habido un interés mayor en aplicar el enfoque del BEH para evaluar el bioclima. Sin embargo, los modelos biofísicos son necesariamente más complejos y requieren de un mayor número de datos climatológicos/fisiológicos, lo que ha restringido la aplicación de dichos esquemas en la valuación del bioclima en ambientes de ciudades del mundo en desarrollo debido a la escases de la información pertinente. En el trabajo se comparan resultados



de aplicar diversos índices bioclimáticos empíricos tales como la temperatura efectiva/resultante (TE/TR), el índice de desconfort (ID), el poder de enfriamiento (K), la temperatura equivalente (Teq), la entalpía (E) y el índice de esfuerzo relativo (IER) con aquellos obtenidos aplicando el modelo del PMV. Las correlaciones entre TE/TR, ID, K, Teq, E e IER con el PMV resultaron significativas ( $p < 0.05$ ). Se muestra que para los datos de un año (1995) de la estación climatológica automática de la antigua Escuela de Minería, ubicada en el centro histórico de la Ciudad de México, la valuación bioclimática hecha por los dos métodos resulta muy semejante. Lo anterior sugiere que para evaluaciones preliminares es suficiente utilizar los índices bioclimáticos simples como la TE/TR, ID, que no requieren de tantas variables, con frecuencia no disponibles (por ejemplo la radiación, la presión atmosférica, el viento, la presión de vapor, etc.) como lo requieren los modelos de BEH.

CA.12

# SYSTEM FOR DIAGNOSES OF THE CLOUDS AND PRECIPITATION FOR POLLUTION TRANSPORT MODELS

K. Rubinstein<sup>1</sup>, E. Astakhova<sup>2</sup> and J.U. Alferov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hydrometcentre of Russia, Russia, Moscow, bol. Predtechenski 9-13

<sup>2</sup> Instituto de Astronomía y Meteorología, Universidad de Guadalajara, Av. Vallarta# 2602, CP. 44100

<sup>2</sup> E-mail: rusgmc@glas.apc.org

The control of global ecological situation and in particular air pollution requires the description of the lower troposphere state with maximum reliability. This task cannot always be solved by traditional procedures of meteorological data processing. In the Hydrometcentre of Russia was developed a special System for the Diagnosis of the lower Atmosphere (SDA) state for pollution transport models. Procedure SDA considers not only observations but also results of hydrodynamic simulation of atmospheric processes. The application of the hydrodynamic atmosphere model allows to fill the gaps in information in regions with sparse observational data. One of the main elements of SDA are the schemes of clouds and total precipitation reproduction. Areas of SDA is about all North Hemisphere. Precipitation and lower clouds data mainly are taken from synoptic cables SYNOP. Hydrometcentre of Russia receives about 3300-3400 cables in SYNOP code for the Northern Hemisphere for one synoptic period. These reports provide sufficient data for Europe, middle and southern parts of Siberia. Less data are available for North America, Mongolia, China. Data for oceans are practically absent. In view of the fact that a precipitation sum and clouds is a discontinuous spatial functions and the data are not instantaneous one cannot apply to it a usual technique of objective analysis of meteorological fields. For the SDA long-range transport modelling we assign to a regular grid knot mean arithmetic value of sums of precipitation and clouds recorded at stations in a square with centre in a given knot with a side equal to the distance between knots. As it was said above there are vast areas with entry information. To fill data gaps in grid knots we use the precipitation forecast and clouds made by the spectral 15-level hydrodynamic model of the atmosphere of Hydrometcentre. Judging by the experience gained the "best quality" of hydrodynamic forecast of precipitation is achieved when it is

made 48-60 hours in advance using models of this kind. In report we illustrate the quality of hydrodynamical forecast of precipitation and cloud and illustrate their characteristics and connection with baric system. It is analyse of monthly average data for 1995 year.

CA.13

# CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL ESTUDIO DE LA CIRCULACIÓN GENERAL ATMOSFÉRICA Y LA EJECUCIÓN DE CAMPAÑAS MICROMETEROLÓGICAS

Flor Morales Reyes

Depto. Fuentes no Convencionales, IIE, Av. Reforma No. 113, Col. Palmira, CP. 62490, Cuernavaca, Mor., México

La realización de campañas micrometeorológicas en ocasiones resultan muy costosas ya que emplean equipos de medición que requieren de atención y cuidados especiales. Tal es el caso de anemómetros triaxiales y termómetros de respuesta rápida, y a través de los datos obtenidos se logran por ejemplo caracterizar la capa atmosférica superficial en estudios de la dispersión de contaminantes atmosféricos, por medio de modelos matemáticos especializados. Dado lo anterior, es necesario realizar las campañas de medición en las épocas del año que tengan la mayor representatividad posible. Para tal efecto se requiere del estudio de la circulación general atmosférica en superficie como en altura, a fin de determinar los patrones más comunes con su periodicidad en conjunto, delimitando su influencia en el tiempo para que precisamente dentro de los periodos de ocurrencia se lleven a cabo las mediciones en superficie complementados con radiosondeos. En el presente trabajo se presenta un caso de estudio en particular realizado en el Valle de México dentro de un preyecto de cooperación científica con la Comunidad Económica Europea.

CA.14

# ESTUDIO DEL IMPACTO DEL ENSO EN MÉXICO

Rodrigo Muñoz y Arturo Quintanar

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, México. D.F., 04510

Estudios recientes indican que la variabilidad convectiva interanual sobre México esta fuertemente influenciada por la ocurrencia del fenómeno conocido como El Niño/Oscilación del Sur (ENSO). Mediante el uso de un modelo baroclínico de ecuaciones primitivas, se simuló las circulaciones correspondientes a situaciones de ENSO para los años 1982-83, 1986-87, 1991-92. El experimento consiste en implantar un forzante térmico en el ecuador para analizar la respuesta de la atmósfera a estas anomalías. La sensibilidad de la fase y amplitud sobre la respuesta de la onda de Rossby estacionaria a la anomalía de calentamiento es examinada al comparar la respuesta del modelo con observaciones. Los datos usados corresponden a medias mensuales de Radiación de Onda Larga (OLR) i función de corriente en varios niveles durante invierno. Se concluye que las condiciones en superficie observadas en inviernos de ENSO dependen de la estructura térmica de la convección.



CA.15

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS POR GRUPOS  
(CLUSTER) APLICADO A LOS DATOS DE  
DISTRIBUCIÓN DE VAPOR DE AGUA INTEGRADO  
SOBRE LAS SIERRAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA**

Valentina Davydova Belitskaya  
Instituto de Astronomía y Meteorología, Depto. de Física,  
Universidad de Guadalajara, Av. Vallarta #2602, CP. 44100,  
Guadalajara, Jal., México

Dentro del proyecto internacional "Gran Telescopio Milimétrico" entre la Universidad de Massachusetts, E.U.A. y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, México (Tonantzintla, Puebla) se realiza el análisis del clima "astronómico" sobre las sierras de la República Mexicana como posibles puntos de instalación del Gran Telescopio Milimétrico (GTM). El clima "astronómico" como una de las condiciones básicas requiere que el contenido del vapor de agua integrado en la columna vertical de la atmósfera inferior sea no mayor a 3 mm de agua precipitable. Con el fin de establecer este lugar con las características deseables se analiza la distribución vertical, horizontal y en el tiempo para diferentes parámetros de humedad atmosférica (humedad absoluta, humedad específica, humedad relativa, agua precipitable etc.) utilizando como base de datos la información de 16 estaciones de radiosondeo sobre la República Mexicana. Dentro de este análisis se utilizan diferentes técnicas estadísticas: correlación espacial de las series de tiempo de vapor de agua integrado, análisis por grupos, prueba de bondad para establecer el tipo de función de distribución vertical del vapor de agua y sus parámetros respectivos. Para seleccionar el mejor sitio de instalación del GTM se realizó un análisis comparativo con las series del vapor de agua integrado sobre la montaña de Mauna Kea, Hawaii, en donde está situado un observatorio astronómico del mismo tipo de aplicación (milimétrico).

CA.16

**ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO REGIONAL EN  
MÉXICO OBTENIDOS DE EXPERIMENTOS EN MCG  
 $2xCO_2$**

José Luis Pérez y Victor Magaña  
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, México, D.F.,  
04510

Este estudio involucra el análisis de la variabilidad climática regional en México, y la construcción de posibles escenarios del clima futuro bajo un incremento en la concentración de dióxido de carbono. A partir de datos de viento, temperatura y temperatura de superficie del mar y datos de superficie en 18 regiones climáticas para la República Mexicana, se construye un modelo de diagnóstico estadístico multilíneal para precipitación. Los escenarios generados por experimentos de Modelos de Circulación General (MCG), para doblamiento en el dióxido de carbono son utilizados para examinar posibles cambios en la precipitación de invierno y verano. Los modelos de NCAR y del Laboratorio de Fluidos Geofísicos de la Universidad de Princeton son utilizados. Los escenarios muestran que la precipitación tenderá a aumentar durante el invierno mientras que disminuirá durante el verano. Tales condiciones parecen sugerir la ocurrencia mas frecuente de años de sequía. La técnica muestra

ser útil para interpretar la salida de los modelos de circulación general por lo que puede ser utilizada para estudiar variabilidad climática interanual.

CA.17

**PREDICCIÓN DE VALORES MÁXIMOS DE OZONO  
EN CINCO PUNTOS DEL VALLE DE MÉXICO**

José Luis Bravo-Cabrera  
Instituto de Geofísica UNAM, Cd. Universitaria, C.P. 04510,  
México D. F.

La Ciudad de México se encuentra localizada en una cuenca cerrada a 2264 msnm, con frecuentes inversiones térmicas, es iluminada por abundante radiación solar y presenta una pobre ventilación. Estas condiciones favorecen la acumulación de contaminantes atmosféricos emitidos por la presencia de más de dos millones de vehículos y una gran actividad industrial. Estos contaminantes emitidos (precursores), reaccionan fotoquímicamente dando por resultado la formación de ozono en concentraciones que superan los niveles aceptables para la salud humana, de otros seres vivos, así como también deterioran algunas sustancias. Recientemente se han adecuado modelos dinámicos que explican la circulación en el valle de México e introducen reacciones fotoquímicas para explicar su comportamiento. Se han desarrollado también modelos semiempíricos para estaciones en particular que permiten pronosticar con un factor de correlación de hasta 0.78% el valor de la concentración de ozono a una hora próxima a su valor máximo. En este trabajo se desarrolla un modelo semiempírico basado en los datos de 5 estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico en la parte sur del Valle de México (Pedregal, Plateros, Merced, Hangares y Cerro de la Estrella) que definen un contorno cerrado. En este contorno es posible determinar la convergencia o divergencia del viento y relacionarla con el valor máximo de ozono en las cinco estaciones. El modelo permite evaluar además la influencia de otros factores como los son la radiación solar, variación semanal de la actividad en la ciudad, la concentración de ozono el día anterior y hacer una estimación de la importancia de la actividad fotoquímica en la magnitud del máximo de ozono mediante la introducción de la concentración de 3 compuestos orgánicos Benceno, Tolueno y Formaldehído. El coeficiente de correlación entre los valores pronosticados y los obtenidos es de hasta 62%.

CA.18

**TOPOCLIMATOLOGÍA Y RÉGIMEN DE  
TEMPERATURAS MÍNIMAS DEL CENTRO DE "EL  
BAJÍO"**

Genaro Montesinos-Silva<sup>1</sup> y Hilario García<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Depto. de Agronomía, Instituto de Ciencias Agrícolas,  
Universidad de Guanajuato  
<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y  
Pecuarias, Campo Agrícola Experimental Bajío

La principal región de importancia económica en el estado de Guanajuato es "El Bajío", porque en ella se encuentran concentradas tanto los principales centros de población, como el desarrollo de la actividad comercial, industrial, y agrícola de la entidad. Dicha subprovincia del estado, que representa el 22.47%



de su superficie total, lo cruza en dirección NW-SE, y se puede describir como una gran llanura, interrumpida relativamente por pocas sierritas volcánicas, mesetas lavicas y lomerios, que esta rodeada por montañas. Durante la estación fría del año, en la región existe la presencia de inversiones térmicas y heladas, debido a procesos de irradiación y advección-irradiación, combinados con el efecto de la topografía. Las inversiones térmicas, se aprecian fácilmente durante las mañanas porque inducen la distribución horizontal de los humos originados por la refinación del petróleo, fabricación de ladrillos, quema de combustible por vehículos automotores, quema de residuos de cosechas. En cuanto a las heladas, cada año amenazan la producción agrícola de la región, y originan importantes pérdidas en los cultivos cuando se presentan. Por la importancia que tienen dichos fenómenos para el problema de la contaminación atmosférica y para la agricultura, respectivamente, se realizó el presente trabajo para observar el efecto de la topografía en el régimen de temperaturas mínimas del centro de "El Bajío". En este trabajo se utilizaron las temperaturas mínimas registradas del 31 de diciembre de 1992 al 14 de febrero de 1993, en ocho sitios diseminados en la región. Para cada uno de los días se elaboró una gráfica de la distribución de temperaturas con respecto a la altitud, detectandose de esta forma la presencia de inversiones térmicas en 34 de ellos. Mediante el manejo de un modelo de elevación digital de la zona se obtuvieron mapas de las zonas con mayor riesgo de heladas.

CA.19

# IMPACTO DEL EVENTO EL NIÑO/OSCILACIÓN DEL SUR (ENSO) EN EL COMPORTAMIENTO DEL CLIMA DEL ESTADO DE JALISCO

Ángel R. Meulener-Peña, Laura Cortéz y Víctor Cornejo-López

Depto. Física, Instituto de Astronomía y Meteorología, Universidad de Guadalajara, Ave. Vallarta No.2602, CP. 44100 Guadalajara, Jal., México

Se presenta un detallado estudio del comportamiento de las precipitaciones en Jalisco y sus estados circunvecinos, frente a la ocurrencia de eventos (ENSO). Algunas de las anomalías más significativas observadas se relacionan con las situaciones sinópticas correspondientes. Fueron procesadas largas series de datos de las estaciones meteorológicas disponibles en Jalisco y sus estados vecinos. Especial análisis se realiza del último evento ENSO, 1991-1994.

CA.20

# ACERCA DE LA ESTRUCTURA VERTICAL DE LA ATMÓSFERA SOBRE LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Irina E. Tereshchenko y Rubén Sánchez G.  
UdG, CUCEI, Depto. de Física. AP. 4-079 Guadalajara, Jal., 44421 México.

En base a datos de radiosondeo de la estación Guadalajara (No.76612) del periodo 1991-96, fueron formadas series de tiempo de la oscilación de la temperatura en 11 superficies isobáricas desde 700 hasta 30 hPa. Las series se estudiaron por el método del análisis espectral. Los espectros frecuenciales obtenidos y las

coherencias, evidencian la compleja estructura vertical de los procesos que se presentan en la tropósfera inferior y superior, así como en la estratósfera inferior. También se analiza el comportamiento vertical de la temperatura y del viento en la capa límite, dándole una atención especial a la estratificación de la inversión. Ella debilita fuertemente el intercambio turbulento en la atmósfera y como consecuencia el traslado de las sustancias contaminantes desde la superficie terrestre y capa cercana a ella, hasta capas superiores de la atmósfera. Por este motivo, al formarse la inversión de partículas que ingresan de fuentes terrestres, estas se mantienen cerca de la superficie terrestre originando un alto nivel de contaminación. El estudio de las inversiones de la temperatura es indispensable debido a que estos procesos originan condiciones meteorológicas desfavorables particularmente peligrosos para una ciudad industrial grande. La determinación de los parámetros estadísticos base de este fenómeno y la utilización de los métodos del análisis espectral, permitió determinar las principales características de las inversiones, así como identificar periodicidades ocultas de los procesos dinámicos que influyen en la formación de sus estructuras verticales sobre la ZMG. La posición de la estación de radiosondeo introduce algunas deformaciones en la información sobre la formación de las inversiones sobre la ZMG, lo cual necesita una corrección especial. Con la utilización de los elementos de la hipótesis de la teoría de semejanza y los resultados del cálculo por un modelo tri-paramétrico (Shnaidman y Tereshchenko, 1991), se formularon grupos de estados meteorológicos para los cuales se obtuvieron perfiles tipo de la velocidad y dirección del viento, de la temperatura y de la humedad para diferentes condiciones termodinámicas de la capa límite.

CA.21

# COMPARACIÓN DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS, AL ABRIGO Y A 10 CM. DE LA SUPERFICIE PARA PEROTE, VERACRUZ, MÉXICO. ESTUDIO PRELIMINAR

Beatriz Elena Palma-Grayeb y Domitilo Pereyra-Díaz  
Carrera de Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana.  
AP. 136, Xalapa, Veracruz. CP. 91000  
E-mail: dpereyra@speedy.coacade.uv.mx

En este estudio se muestra el comportamiento de las temperaturas mínimas, al abrigo y a 10 cm. del suelo, para las estaciones de invierno, primavera e inicio del verano durante el periodo diciembre 94 - agosto 95. Se observa que en el invierno los registros muestran dos comportamientos: uno en que la temperatura al abrigo es menor o igual a la temperatura a los 10 cm, estando esta variación entre 0 y 0.3 °C y el segundo cuando la temperatura al abrigo es mayor que la temperatura a los 10 cm estando esta variación entre 0.3 y 2.5 °C. En la primavera los datos muestran una tendencia en que la temperatura a 10 cm es mayor o igual que la temperatura del abrigo. A fines de la primavera e inicios del verano la temperatura a los 10 cm muestra valores mayores que la temperatura al abrigo. La influencia y persistencia de los nortes fuertes que se presentan en el lugar de estudio, parecen tener gran influencia sobre el comportamiento de las temperaturas en el invierno, así como la presencia de las nieblas frontales y la ladera montañosa del Cofre de Perote. El equipo empleado fue un teletermógrafo de dos puntas marco Sato con sensor de mercurio en acero capilar; el aparato se instaló dentro de



la estación climatológica del INIFAP. Para monitorear la temperatura, se ubicó una de las puntas dentro del abrigo termométrico y la otra a 10 cm, de la superficie del suelo, de forma tal que el sensor quedara aislado. La cobertura vegetal dentro de la estación es parcialmente desnudo, encontrándose en los alrededores sembradíos de maíz.

CA.22

# **EVALUACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO EN LA ZONA COSTERA CENTRAL DEL ESTADO DE VERACRUZ**

R. Saldaña y M.F. Morales

Instituto de Investigaciones Eléctricas  
Reforma 113. Col. Palmira, 62490 Temixco, Morelos.

Entre las regiones que poseen mayor potencial eólico en nuestro país se encuentra la vertiente del Golfo de México. Específicamente la zona costera del Estado de Veracruz se observan vientos de regular intensidad que desde el punto de vista energético pueden ser susceptibles de aprovecharlos a través de sistemas conversores de energía eólica, tanto para el bombeo de agua como la generación de energía eléctrica. Con objeto de estimar el potencial eoloenergético en la zona costera central del estado de Veracruz, se llevó a cabo el análisis de información anemométrica recabada en un sitio cercano a Palma Sola, consistente en valores horarios de velocidad y dirección de viento medidos entre 1980 y 1984 a 10 metros de altura. A partir del análisis de dicha información anemométrica se obtuvo valores de velocidad media, desviación estándar, potencia media disponible, energía disponible, potencia media aprovechable, y % de tiempo con viento útil. Asimismo, se obtuvieron los valores de los parámetros  $k$  y  $c$  de la f.d.p. de Weibull y se estimó la generación eléctrica a través de un sistema conversor de energía eólica para generar electricidad de 500 W de capacidad nominal. A este último respecto se calculó la potencia media generada, la energía producida, el factor de planta y el tiempo de operación del sistema.

CA.23

# **EFFECTO DE ENSO SOBRE LA FRECUENCIA DE DÍAS CON NORTES FUERTES EN EL PUERTO DE VERACRUZ, MÉXICO**

Domitilo Pereyra-Díaz, Leonorilda Gómez-Romero

Especialidad en Climatología, Universidad Veracruzana. AP. 136, Xalapa, Veracruz, México. C.P. 91000.

En este estudio se muestra el efecto de El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) sobre la frecuencia de los días con vientos fuertes del norte que azotan al puerto de Veracruz, México. Para realizar este estudio se compararon gráficamente y estadísticamente el número de días con vientos del norte, mayores o iguales a 20 m/s, con los años en que ocurrió el evento de El Niño con intensidad fuerte. En el primer caso se compararon las anomalías anuales de el número de días con nortes, normalizados a sus valores máximos, con los años en que se presentó El Niño con intensidad fuerte, observándose una tendencia marcada en la disminución de el número de días con nortes fuertes cuando se presenta el evento. Para verificar estas observaciones se recurrió al análisis estadístico utilizando la prueba de comparación de varianzas de Fisher. En esta prueba se compararon las varianzas del número de días al año con

nortes fuertes de los años de Niño y no Niño. En la comparación de varianzas de la muestra anual la disminución promedio de los días con nortes fuertes calculada fue del 20.8%, significativa al 5%. También se analizó la posible disminución mensual del número de días con nortes fuertes, habiéndose observado que solo el mes de diciembre es influenciado por este fenómeno, obteniéndose una disminución promedio del número de días con nortes fuertes del 13.1%, no significativo estadísticamente. Cabe mencionar que el evento ENSO en sus categorías moderada, débil y muy débil no mostraron influencia alguna en el análisis presentado anteriormente.

CA.24

# **THE "HEAT ISLAND" EFFECT IN THE TROPICAL CITY IN CENTRAL MEXICO (GUADALAJARA)**

Irina E. Tereshchenko

Depto. Física, Universidad de Guadalajara, CP. 44421, Guadalajara, Jal., México.

The "urban heat island" is a well documented physical phenomenon in large tropical urban areas. The effect of heat island was better explored for México city than for Guadalajara (Jauregui, 1992): both of them are located in island valleys in tropical México. The results of the heat island investigation in the urban construction zone of Guadalajara metropolis (ZMG)-are to be discussed. This metropolis is located at 1500 m above sea level. The structure of the time sequences of temperature fluctuations are studied with the help of the spectral analysis. The data was taken from three meteorological stations, two located in the city limits and one in the suburban zone. Statistically supported oscillations of the mentioned meteorological elements with periods that range from 3-5 days to 22 years, have been detected. Temperature growth trends at the meteorological stations in the urban zone were detected being as: 0.017 C/year for T max. and 0.049 C/year for T min. in the station which had the longest sequences of observations. A small trend was also detected in the fact that the Experiencia station has approached the urban location. It was detected an urban cool island developed in the wet season. Our analysis detected the relationships between the urbanistic factors and the temperature variations that determine the climate of the big city. The results by studying the dependency of minimum temperature increase with respect of the growth of the city's surface area were obtained. According to them, the forecast for increasing of minimum temperature is near 2°C by the end of the century.

CA.25

# **ANÁLISIS SOBRE EL SURGIMIENTO Y EVOLUCIÓN DE LOS CICLONES TROPICALES ALMA, BORIS Y CRISTINA, 1996**

Ángel R. Meulenert-Peña, Víctor Cornejo-López y Héctor Magaña-Fernández

Depto. Física, Instituto de Astronomía y Meteorología, Universidad de Guadalajara, Ave. Vallarta No. 2602, CP. 44100 Guadalajara, Jal., México

Se realiza un análisis de las condiciones atmosféricas que propiciaron el surgimiento de los tres primeros ciclones tropicales con nombre de la temporada ciclónica del Pacífico oriental de 1996.



También se estudian las trayectorias y evolución de los tres meteoros y se obtienen algunos resultados interesantes sobre las irregularidades observadas. Finalmente se compara la formación de estos sistemas con la cronología existente desde 1949.

CA.26

# **ESTUDIO SINÓPTICO DE LOS HURACANES QUE SE DESARROLLAN EN LAS AGUAS DEL PACÍFICO MEXICANO**

Orlando Delgado

Centro de Ciencias de la Atmósfera, Circuito Exterior, CU., UNAM., México D.F.

En este trabajo se muestra la trayectoria que siguen los huracanes y tormentas tropicales que se desarrollan en el pacífico mexicano, como es sabido estos se originan en su mayoría en el Golfo de Tehuantepec como resultado de la actividad de la ZITC que en la época caliente del año sube ésta de latitud contándose núcleos conectivos, cerca de C.A., durante todo el verano Es de interés máximo para nuestro país el poder pronósticar la trayectoria de estos fenómenos, en particular nos interesan aquellos que se sitúan frente a las costas de Jalisco y Nayarit, ya que se ha observado que son de gran poder destructivo, puesto que son fenómenos que evolucionan rápidamente desde la etapa de depresión tropical a la de huracanes y frecuentemente son acelerados hacia el continente produciendo daños cuantiosos. Es esta aceleración o cambio de dirección que nos ocupa y que se debe al desplazamiento de una gran vaguada con orientación SW-NE que a principios ó finales de Verano se extiende hasta los 15°N. Presentamos los casos de Ismael, Rosa, en 1994, 1995 etc. Estos huracanes, como se comprende de nuestro estudio, se aceleraron al N o cambiaron de dirección cuando se situaban entre 15°N y 22°N y entre 105°W y 115°W.

CA.27

# **ALGUNOS ASPECTOS SOBRE LA INTERACCIÓN OCEANO-ATMÓSFERA DEL PERÍODO PREVIO A LA TEMPORADA CICLÓNICA 1996 DEL PACÍFICO MEXICANO**

Alejandro Martínez Zatarain

Instituto de Astronomía y Meteorología, Universidad de Guadalajara, Av. Vallarta #2602, CP. 44150, Guadalajara, Jal., México

E-mail: amartine@udgserv.cencar.udg.mx

Se hace un análisis de las condiciones meteorológicas y oceanológicas que precedieron al temporal ciclónico 1996, en la zona del Pacífico Oriental Tropical Norte, con el fin de establecer un marco referencial para el análisis del comportamiento (trayectoria e intensidad) de los ciclones tropicales (CT) del Pacífico Oriental. En base a datos de observaciones meteorológicas, campos físicos del océano, cartas de tiempo e imágenes de satélites meteorológicos, se analizan los parámetros de surgimiento de los CT, comparando datos de observaciones con algunos resultados teóricos publicados. Se busca aportar en: el conocimiento del surgimiento y evolución de CT del Pacífico oriental, la evaluación de parámetros físicos del océano con significación climática, para fines de pronósticos a largo plazo.

CA.28

# **SOBRE LA TRAYECTORIA DE LOS HURACANES EN LOS AÑOS 1995 Y 1996**

Alfonso Salas-Cruz

Centro de Ciencias de la Atmósfera, Circuito Exterior, CU., UNAM., México D.F.

El año de 1995 se caracterizó por la presencia de un máximo secundario en la cantidad de huracanes que se presentaron en el Océano Atlántico provocándose una disminución de estos fenómenos en el Océano Pacífico Nor Oriental. El pronóstico realizado por el modelo del C.C.A. estuvo bastante adecuado en sus aplicaciones excepto en el pronóstico del huracán Roxana, el cual nos hizo la necesidad de aumentar los conocimientos de estos fenómenos. Durante el año de 1996 también han sido óptimas con excepción del huracán Eduard. Se mostraran resultados y se discutirán las conclusiones hasta ahora obtenidas.

CA.29

# **ESTUDIO DE LA TRAYECTORIA DE LOS HURACANES QUE CRUZAN CENTRO AMÉRICA**

R. Patiño-Mercado

Centro de Ciencias de la Atmósfera, Circuito Exterior, CU., UNAM., México D.F.

La trayectoria que siguen los huracanes que se originan en el Mar Caribe está determinada por la posición del anticiclón semipermanente del Atlántico. Cuando la presencia del anticiclón se detecta hasta los niveles superiores, se puede pronósticar la trayectoria de las tormentas tropicales hacia el oeste, sin permitir subir de latitud amenazando a los países de Centro América. En condiciones en que el anticiclón manda una cuña hacia el Golfo de México, los vientos alisios se generalizan y las tormentas tropicales que se desarrollan en el Mar Caribe describen una trayectoria hacia el oeste con la posibilidad de cruzar Centro América, Honduras o Nicaragua. Para la República Mexicana amenazará a los estados de Tamaulipas, Veracruz o a los estados del Sur de U.S.A. En este estudio presentamos al reciente huracán César (25-28 de Julio de 1996) en el Mar Caribe que al cruzar Centro América se convirtió en Douglas (29 Julio-6 de Agosto), también se tiene al Gert en 1994 que cruzó la península de Yucatán el Golfo de México y el Altiplano Mexicano para salir como una depresión por el Océano Pacífico. Podemos decir que el Huracán César en el Caribe y posteriormente después de cruzar Centro América y haberse convertido en Depresión tropical en tierra y después de arribar a las aguas del Pacífico, éste se convierte en el huracán Douglas el cual sigue la trayectoria por el litoral del pacífico mexicano y siguiendo una trayectoria hacia el noroeste finalmente termina en el cementerio de los huracanes del pacífico que son las aguas frías del noroeste de la Baja California.



CA.30

## **EL ESTADO ACTUAL DE LA METEOROLOGÍA EN MÉXICO**

Edgar G Pavia

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, AP. 2732, Ensenada,  
CP. 22860, Baja California, México

En esta platica se pretende examinar la situación de la Meteorología en México en comparación con otras ciencias, y en comparación con otros países. También se pretende analizar el papel que esta disciplina juega en el desarrollo de diversas actividades tanto académicas como productivas. Por otro lado se ofrece una posible explicación del estado actual de ésta ciencia en México y se propone un plan para elevar a la Meteorología al nivel que le corresponde en un país como el nuestro.



CM.01

# THEORETICAL ANALYSIS OF THE BUOYANCY FLUX INDUCED CIRCULATION AND WATER STRATIFICATION IN 2-D CHANNEL

Sergey N. Bulgakov<sup>1</sup>, Gennady K. Korotaev<sup>2</sup> and John A. Whitehead<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Astronomía y Meteorología, Universidad de Guadalajara, Av. Vallarta 2602, CP. 44130, Guadalajara, Jalisco, México

E-mail: sbulgako@udgserv.cencar.udg.mx

<sup>2</sup> Marine Hydrophysical Institute, 2 Kapitanskaya Str., Sevastopol, Ukraine

E-mail: ocean@mhi2.sebastopol.ua

<sup>3</sup> Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Mass., 02543, USA

E-mail: jwhitehead@cliff.whoi.edu

Buoyancy flux through the open lateral boundaries (rivers' mouths and straits) is probably one of the most important external forcing for the circulation and water stratification formations in any natural sea water basins. In first approximation it is possible to imagine an arbitrary sea water basin like as a 2-D open channel because of the mentioned forcing concentrated at the side wall and due to the typical boundary layer structure of the circulation there. The theoretical study of the lateral boundary density flux induced dynamics in the open channel filled on the initially rested and homogeneous water was carried out using analytical and numerical modelling for the linear, quasi- and non-linear statements of the problem. The main results of this study are as follows: Intrusion of fresh waters at the surface and the salt ones at the mid depth of the channel with the natural buoyancy flux intensity causing an intensive water movement and general cyclonic type of surface circulation. It has jet-stream character and is concentrated at the boundary zone. That kind of horizontal movement leads to the sells of the vertical circulation and sharp pycnocline formations. Thus the mentioned external forcing drives some well-known large-scale elements of the circulation and water stratification in any sea basins. Moreover it was shown that buoyancy flux induced dynamics has a three-layer vertical structure of the horizontal circulation with undersurface counter-current at the mid horizon. The theoretically assumed counter-current has a horizontal scale of the Rossby deformation radius. It may be located under the surface flow at the main pycnocline depth. The maximum velocity values at its core can reach a few dozen cm/s.

CM.02

# MODELOS DEL COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DEL FITOPLANCTON Y DE ABSORCIÓN TOTAL DEL AGUA PONDERADOS POR EL ESPECTRO DE IRRADIANCIA *IN SITU* EN AGUAS CASO I

Alma D. Giles-Guzmán y Saúl Álvarez-Borrego  
Depto. de Ecología, CICESE, Ensenada, B.C., México

Se utilizaron valores de absorción del agua pura ( $a_{w(0)}$ ) y del fitoplancton ( $a_{fito(0)}$ ) tomados de la literatura, y la covariación de la absorción del gilvin y el detritus ( $a_{gd(1)}$ ) en función de la concentración de clorofila ([clor]) que nosotros dedujimos anteriormente, para calcular coeficientes de absorción total ( $a_{T(0)}$ ).

También se utilizaron expresiones de la literatura para calcular el coeficiente de retroesparcimiento ( $b_{b(0)}$ ). Luego se calcularon coeficientes de atenuación de luz difusa monocromática ( $K_{d(0)} = a_{T(0)} + b_{b(0)}$ ) sin corrección por la distribución angular de la luz. Se aplicó la ley de Lambert-Beer a luz monocromática (cada 10 nm, de 400 a 700 nm) para obtener su atenuación a lo largo de la trayectoria promedio de la irradiancia y generar sus espectros *in situ* para diferentes «profundidades» (z) (longitudes de trayectoria promedio), y en cada caso para diferentes [clor]'s (de 0.1 a 1.5 mg m<sup>-3</sup>). Los coeficientes [ $a_{w(0)}$ ,  $a_{gd(1)}$ ,  $a_{fito(0)}$  y  $a_{T(0)}$ ] fueron promediados para toda la PAR (400-700 nm) ponderándolos por el espectro de irradiancia *in situ*, para diferentes z's y [clor]'s. Con [clor] constante y baja (v.g.: 0.01 mg m<sup>-3</sup>), el coeficiente específico de absorción del fitoplancton ( $\bar{a}_{fito(z, [clor])}^*$ ) aumenta con z hacia una asíntota en la parte inferior de la zona eufótica. Este aumento con z se reduce con el incremento de [clor], de tal forma que con 1.5 mg m<sup>-3</sup> el valor superficial es prácticamente igual al de 100 m. Por el contrario,  $\bar{a}_{T(z, [clor])}$  disminuye con z hacia una asíntota. Esta disminución es menor con el aumento de [clor]. La variación de  $\bar{a}_{fito(z, [clor])}^*$  se representa con la expresión:  $\bar{a}_{fito(z, [clor])}^* = m + n(1 - e^{-pz})$ , donde m, n, y p son funciones lineales de [clor]. La de  $\bar{a}_T$  se representa con la expresión:  $\bar{a}_T = (q-r)e^{-sz} + r$ , donde q, r, y s son funciones lineales de [clor]. Estos modelos son útiles para calcular  $\bar{K}_{d(z)}$ , metro a metro, en función de [clor].

CM.03

# APLICACIONES DEL RADAR DE APERTURA SINTÉTICA (SAR) DEL SATELITE ERS-1 EN EL MAR CATALAN (MEDITERRANEO OCCIDENTAL) Y SU COMPARACIÓN CON MEDIDAS *IN SITU*.

Bernardo Shirasago Germán, Maclovio Obeso Nieblas y  
Laura Sánchez Velasco  
CICIMAR-IPN, La Paz B.C.S., México

El 17 de julio de 1991 la Agencia Espacial Europea (ESA) lanzó su primer satélite de investigación, el ERS-1 (European Remote Sensing Satellite-1). Este satélite fue dotado de una importante cantidad de sensores activos funcionando en el rango de las microondas. Los objetivos primordiales fueron los de ayudar a un mejor entendimiento de los procesos que se dan en las zonas costeras, en los grandes océanos y regiones polares, así como los de explorar las aplicaciones terrestres con este tipo de sensores. Como parte de los proyectos europeos EUROMODEL y AO-PROJECT-EI se realizó un estudio con imágenes SAR, AVHRR/NOAA-11 y datos oceanográficos obtenidos a bordo del B/O García del Cid, en el Mar Catalán. Lo anterior con el objeto de observar los procesos superficiales de mesoescala presentes durante dos lapsos cortos de tiempo, en la primavera de 1992. Es importante destacar que el Mar Catalán se encuentra dominado por la presencia de una corriente de talud (Corriente Liguero-Provenzal-Catalana), la cual esta estrechamente asociada con un frente permanente de plataforma-talud. Durante la primavera esta corriente se ve influenciada por las grandes descargas frías del Río Rodano, las cuales son detectables por sensores térmicos. También es destacable la presencia de numerosos cañones submarinos, a todo lo largo de las costas catalanas, las cuales provocan ciertas perturbaciones a dicha corriente de talud. A pesar de la variabilidad en las condiciones atmosféricas presentes durante la época de



estudio, las imágenes de satélite muestran rasgos importantes de los procesos oceánicos antes mencionados. Además de lo anterior, fue posible detectar la presencia de otras estructuras: remolinos (eddies) y ondas internas. Las medidas in situ mostraron una importante coincidencia con lo observado en las imágenes de satélite.

CM.04

# **LABORATORY MODELLING OF THE BUOYANCY FLUX INDUCED CIRCULATION AND WATER STRATIFICATION IN ROTATING BASIN**

Sergey N. Bulgakov<sup>1</sup>, Gennady K. Korotaev<sup>2</sup> and John A. Whitehead<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Astronomía y Meteorología, Universidad de Guadalajara, Av. Vallarta 2602, CP. 44130, Guadalajara, Jalisco, México

E-mail: sbulgako@udgserv.cencar.udg.mx

<sup>2</sup> Marine Hydrophysical Institute, 2 Kapitanskaya Str., Sevastopol, Ukraine

E-mail: ocean@mhi2.sebastopol.ua

<sup>3</sup> Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Mass., 02543, USA

E-mail: jwhitehead@cliff.who.edu

To testify theoretical results (Bulgakov et al., 1996a) a series of laboratory tests in a rotating basin was conducted at Woods Hole Oceanographic Institution (USA). The experimental configuration included a tank with intrusion of fresh water at the surface and the salt ones at mid horizons. The other experiments were carried out with a heating-cooling of basin water at the various depths through the lateral boundary acting as a driving force. The model parameters were chosen to provide the basin's dynamic processes similar to that of the Black Sea ones based on the dimensionless Rossby and external forcing numbers equality. The stable regime of the circulation was studied. It was demonstrated that the results of lab experiments are in good agreement with the theory. Namely, the surface circulation is of a cyclonic type. The water movement has a jet-stream character and three-layer vertical structure with predicted counter-current at the main pycnocline depths. It does not depend on the symmetrical or asymmetrical ways of the buoyancy flux intrusion. The other results concerning the orography influence on the gyre formation have also been obtained. Lab tests demonstrated that hourglass shaped planform causes a more complicated basin dynamics with two cyclonic gyres. They are similar to the two makro-cyclonic gyres ("Knipovich spectacles") in the Black Sea.

CA.05

# **RESUSPENSIÓN DE SEDIMENTOS EN UNA REGIÓN DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA**

Luis G. Álvarez y Rafael Ramírez M.  
Depto. de Oceanografía Física, CICESE

Las aguas someras del Alto Golfo de California son excepcionalmente turbias debido a su alta concentración de sedimentos en suspensión. Se ha propuesto que tales concentraciones están asociadas con la intensa mezcla por mareas, en virtud de que el Río Colorado ya no aporta sedimentos terrígenos.

Las observaciones cuantitativas en escalas de tiempo y espacio adecuadas pueden revelar la relación dinámica entre la marea, el ciclo resuspensión-asentamiento y la advección horizontal.

En este trabajo se presentan datos de concentración de sedimento en suspensión en espacio y tiempo durante ciclos diurnos, en mareas vivas y mareas muertas con rango de ~2 m y ~6 m, respectivamente. Las concentraciones fueron de ~5 mg/l cerca de la superficie y ~80 mg/l cerca del fondo, con una notable variación temporal asociada con la intensidad de la corriente de marea. Se determinó una concentración promedio (residual) que permaneció en suspensión durante el ciclo analizado. La dependencia con la fase de la marea se observó en el ciclo resuspensión-asentamiento con frecuencia cuartidurna (M4) y se detectó una componente de advección horizontal en la frecuencia semidiurna (M2). La amplitud de estas dos componentes fue entre 0.1 y 0.3 veces la concentración promedio.

CM.06

# **CORRIENTE LITORAL EN LA BARRERA ARENOSA EL MOGOTE, BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO.**

Maclovio Obeso Nieblas<sup>1</sup>, Alberto Amador Buenrostro<sup>2</sup>, Bernardo Shirasago Germán<sup>3</sup> y Ángel R. Jiménez Illescas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> COFAA-BDA

<sup>2</sup> Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, I.P.N.

<sup>3</sup> CICESE, B.C., México

Frente a la barrera que separa la Bahía de La Paz y la Ensenada de La Paz, B.C.S., se instalaron cuatro corrientímetros y un ológrafo. El muestreo se llevó a cabo el 15 de noviembre al 15 de diciembre de 1993. Los instrumentos se colocaron en dos secciones, separadas entre sí un kilómetro, en cada sección fue instalado un corrientímetro en la zona de rompientes y el otro a 10 metros de profundidad. El ológrafo se instaló en la zona de rompientes. En los registros de la corriente litoral se observa el efecto de la marea sumado a eventos con duración de 3 a 5 días. Estos eventos son más energéticos y presentan una dirección casi constante. Esto debido al efecto del viento que durante este muestreo fue del noroeste con una velocidad promedio de 5 m/s. En estos eventos la dirección de la corriente es paralela a la costa en dirección este. A la profundidad de 10 metros se tuvo un comportamiento de canal con un flujo y un reflujo bien definidos en dirección este-oeste, durante el período de muestreo. En los registros del oleaje los valores máximos coinciden con el efecto del viento del noroeste con duración de 3 a 5 días. Se registraron velocidades en la zona de rompimiento del doble de la magnitud de la registrada a 10 metros de profundidad. La influencia del viento del noroeste en la zona de rompientes es el factor que determina la dirección de la corriente litoral.

CM.07

# **APLICACIÓN DE UN CTD ONDULANTE PARA RESOLVER MESOESCALA EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC**

Federico Velázquez-Muñoz<sup>1</sup> y Armando Trasviña-Castro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Guadalajara, Centro Universitario Ciencias Exactas e Ingeniería. Depto. de Física. Guadalajara, Jal.

<sup>2</sup> CICESE, Oceanografía Física. subsele B.C.S.



Durante el experimento Tehuano II de febrero-marzo de 1996 se estudió la estructura de los giros de Tehuantepec utilizando un vehículo ondulante. En el vehículo se hicieron mediciones mediante un perfilador SBE9 de conductividad, presión y temperatura (CTD ondulante). El CTD ondulante es arrastrado por el buque mientras oscila entre la superficie y los 300 m cada 5 km., típicamente. Esta resolución espacial es adecuada para resolver estructuras de mesoescala, sin embargo el equipo presenta problemas específicos de procesamiento de datos. El CTD muestrea a velocidad constante (2 Hz) mientras recorre la columna de agua a velocidad variable (1 a 3 ms<sup>-1</sup>). Esto produce 'picos' en los cálculos de salinidad, especialmente en regiones de cambios bruscos de temperatura. Para realizar cálculos con el campo de masa medido es necesario primero remover estos 'picos'. Aquí se presenta un método en desarrollo para depurar los datos del CTD ondulante. Este es una modificación al método recomendado por el fabricante para perfiles individuales. Se presentan también algunas secciones de estructuras de mesoescala y se discute la importancia de estas observaciones para entender la dinámica de la generación de giros en el Golfo de Tehuantepec.

CM.08

# **MESOSCALE CIRCULATION OFF SOUTHERN MEXICO AND CENTRAL AMERICA**

A. Trasviña<sup>1</sup>, R. Durazo<sup>2</sup>, P. Niiler<sup>3</sup>, E.D. Barton<sup>4</sup> y G. Quiros<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Oceanografía Física, CICESE, subsele B.C.S.  
E-mail: trasvi@cicese.mx

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México

<sup>3</sup> Global Drifter Program, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla CA

<sup>4</sup> School of Ocean Sciences, University of Wales, Menai Bridge, UK

<sup>5</sup> Laboratorio de Oceanografía Costera, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

Large eddies are formed every winter off southern Mexico and Central America by intense offshore winds, at several mountain passes along the coast. During February-March 1996, an international team of scientists from México, Costa Rica, the United States and Great Britain carried out a joint experimental campaign to study the generation and propagation of mesoscale eddies off the gulfs of Tehuantepec, México and Papagayo, Nicaragua. Three oceanographic vessels, the Altair (Secretaría de Marina, México), the Ulloa (CICESE, México) and the Solidaridad (Universidad Nacional, Costa Rica) carried out CTD and ADCP surveys and also deployed 24 ARGOS drifters in the interior of several 'young' eddies. Four months of drifter tracks reveal mesoscale activity which is consistent with the presence of bands of high variability in yearly averages of sea-surface height, as detected by altimetry sensors (GEOSAT and TOPEX/POSEIDON). Eddies generated near the coast are shown to influence large areas of the Eastern Tropical Pacific. The near-surface coastal circulation is also greatly modified. Examples are shown of exchange between Tehuantepec and Papagayo eddies. In the light of these data the conceptual model of the Costa Rica Coastal Current appears to be inadequate to explain the coastal transport of properties during, at least, the first half of the annual circulation cycle.

CM.09

# **LA CAÍDA Y RECUPERACIÓN DE LA PESQUERÍA DE SARDINA DEL GOLFO DE CALIFORNIA: UNA PROBLEMA EXPLICACIÓN**

Manuel O. Nevárez-Martínez

Grupo de Evaluación y Manejo, Instituto Nacional de la Pesca, CRIP. Guaymas, Sonora, México

A través del análisis de la serie de capturas comerciales de pelágicos menores del Golfo de California, de los resultados de cruceros estacionales de pesca exploratoria realizados desde 1990 a 1996, así como de información ambiental (temperatura y vientos), se discute acerca de lo acontecido en los últimos años en la pesquería de sardina monterrey en el Golfo de California. Se plantea que la caída en el periodo 1990/93 y la recuperación, periodo 1993/96, tan notoria en las capturas de sardina monterrey fueron promovidas por una gran variabilidad ambiental (a escala de menos de un año a interanual); primero de 1990/92 de manera desfavorable, sobre de todo en términos de vientos no adecuados para generar surgencias en las costas de Sonora en el periodo de octubre-noviembre a marzo-abril, aunado o no a aguas con temperaturas frías, y después (1993/96) de manera favorable presentándose tanto vientos favorables para la generación de surgencias como aguas con temperaturas frías. El hecho de presentarse o no ambos eventos ambientales simultáneamente es muy probable que impacten tanto la disponibilidad, a través de modificaciones en la distribución de la población, así como la abundancia de la sardina monterrey a través de modificaciones en la sobrevivencia y crecimiento de todos los estadios de vida y de la actividad reproductiva misma.



FE.01

### ESTUDIO DE SECCIONES EFICACES DE INTERCAMBIO DE CARGA DE PARTÍCULAS ENERGÉTICAS CON MATERIA ATÓMICA Y PLASMA

Jorge Pérez-Peraza<sup>1</sup> y Apolonio Gallegos-Cruz<sup>2</sup><sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM 04510, C.U., Coyoacán, México, D.F.<sup>2</sup> Ciencias Básicas UPIICSA, I.P.N., Té 950, Iztacalco 08400, México, D.F.

El conocimiento actual sobre secciones eficaces de intercambio de carga de partículas energéticas con la materia es muy limitado. En efecto, se restringe a un cierto tipo de iones proyectiles, hidrogenoides o completamente desprovisto de sus electrones, a un limitado rango de velocidades y solamente para ciertos blancos en materia atómica. Por consecuencia, las formulaciones teóricas desarrolladas para interpretar los datos experimentales son también de carácter parcial. Tales formulismos dependen del conocimiento de la carga efectiva de los iones energéticos, cuya información actual es también semi-empírica.

En este trabajo presentamos formulaciones analíticas para las secciones eficaces de transferencia de carga y para la carga efectiva de los iones energéticos durante su interpolación con la materia. Estos formulismos son de carácter general; para todo tipo de ion proyectil, para todo el rango de velocidades, para cualquier estado de carga, para todo tipo de blancos y para cualquier estado de ionización del medio; es decir, se introduce explícitamente el parámetro *temperatura*, de manera que las formulaciones obtenidas constituyen una herramienta de trabajo en el ramo de la astrofísica y de la física del plasma, particularmente en Física Espacial y Física de los Rayos Cósmicos.

FE.02

### ENERGETIZACIÓN DE PARTÍCULAS POR ONDAS CICLOTRÓNICAS PERPENDICULARES

Jorge Pérez-Peraza<sup>1</sup> y Apolonio Gallegos-Cruz<sup>2</sup><sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM 04510, C.U., Coyoacán, México, D.F.<sup>2</sup> Ciencias Básicas UPIICSA, I.P.N., Té 950, Iztacalco 08400, México, D.F.

La energetización de partículas en un plasma turbulento puede ocurrir a través de una amplia variedad de turbulencia. En este contexto la turbulencia MHD es la más utilizada, ya que explica gran parte de las facetas que muestran los espectros observacionales. Sin embargo, este tipo de turbulencia no explica la sobre-abundancia de ciertos elementos encontrada en algunos eventos solares. Aunque este problema puede ser abordado considerando contenidos energéticos muy altos en la turbulencia MHD, o que ésta se extienda hasta frecuencias  $\omega > \omega_c$  ( $\omega_c$ =girofrecuencia de las partículas), no obstante, ambas suposiciones implican problemas.

Una alternativa para abordar el problema es suponer que las partículas pueden ser energizadas en su interacción con un espectro de ondas ciclotónicas perpendiculares (OCP). Estas ondas se generan precisamente en la vecindad de la girofrecuencia de las partículas

termales. Esto coadyuva a explicar la sobreabundancia de ciertos elementos. Las OCP son ondas longitudinales que se propagan perpendicularmente a la dirección del campo magnético. En este trabajo se estudia la posibilidad de que estas ondas puedan energizar partículas en la corona solar y se concluye acerca de la alta eficiencia aceleradora de estos modos turbulentos.

FE.03

### MICROWAVE AND SOFT X-RAY STUDY OF SOLAR ACTIVE REGION EVOLUTION

A. Lara<sup>1</sup>, R. Pérez-Enríquez<sup>1</sup>, N. Gopalswamy<sup>2</sup>, M.R. Kundu<sup>2</sup>, H. Koshishi<sup>3</sup> and S. Enome<sup>3</sup><sup>1</sup> Instituto de Geofísica UNAM, C.U. México D.F. 04510<sup>2</sup> Department of Astronomy University of Maryland, College Park MD 20742, USA<sup>3</sup> Nobeyama Radio Observatory, Minamisaku, Nagano 384-13, Japan

We present the study of active region evolution as observed at multiple wavelengths over a period of about 10 days. We have used simultaneous microwave (1.5 and 17 GHz) and soft X-ray measurements made with the Very Large array (VLA), the Nobeyama Radio Heliograph (NRH) and the Soft X-ray Telescope (SXT) on board the Yohkoh space craft, as well as photospheric magnetograms from KPNO. We have performed morphological and quantitative studies of active region properties by making inter comparison different wavelengths as well as the day-to-day variations. We found good general agreement between the 1.5 and 17 GHz radio maps and the soft X-rays pictures. The microwave sources seem to lie over magnetic neutral lines, and we find the 17 GHz emission consistent with thermal bremsstrahlung (free-free) emission from electrons at coronal temperatures plus a small component coming from plasma at lower temperatures. We discuss the difference between the 17 GHz brightness temperature expected from X-ray data and the observed 17 GHz brightness temperature in terms of emission of a low temperature plasma either at transition region or coronal levels. We found a coronal optical thickness of  $\sigma \sim 10^{-3}$  and  $\sigma \sim 1$  for radiation at 17 and 1.5 GHz respectively. We found also typical coronal values of emission measure ( $\sim 5 \times 10^{28} \text{ cm}^{-3}$ ), electronic temperature ( $\sim 4.5 \times 10^6 \text{ K}$ ) and density ( $\sim 1.2 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$ ).

FE.04

### RESTORATION AND PROPERTIES OF SOLAR PROTON SPECTRA FROM DIFFERENT SOURCES

L.I. Miroshnichenko, R. Pérez-Enríquez and B. Mendoza  
Instituto de Geofísica, UNAM, CP. 04510, México, D.F.

Recent works in the field of solar proton events (SPE) indicate that a significant fraction of the solar energetic particles (SEPs) observed at 1 AU following major solar flares are actually accelerated at a shock front in front of a large coronal mass ejection (CME). Thus the SEPs observed at 1 AU and those that interact at the Sun may represent quite different populations. Moreover, the extended acceleration injection profiles from coronal interplanetary shock acceleration make interpretation of SEP spectra problematical. In the emerging paradigm for SEP



acceleration, the existence of two types of flares (impulsive and gradual) is recognized. It has been shown that these two types of flares have distinctly different electron spectra. This suggests that similar differences might exist in the spectra of proton events.

In the light of these findings, we revise all available data on so-called «source spectra» of solar protons restored (estimated) by different methods for the SEPs observed since 1924 (about 80 events). The spectra are determined either from measurements of SEPs at 1 AU or from gamma-ray and neutron observations. The effects of the method of analysis, flare location and type, presence of CMEs and prolonged or additional acceleration are taken into account. It is shown that a peculiarity in the spectral shape, specifically a spectral steepening for high rigidities, is characteristic of large events. We separate the restored spectra depending on the heliolongitude, source type and interplanetary conditions of SEP propagation. Two models of SEP acceleration involving reconnection of magnetic fields and/or shock fronts are then compared favorably with the two ensemble of data obtained.

FE.05

### **ACELERACIÓN DE PARTÍCULAS SOLARES POR TURBULENCIA MAGNETOSÓNICA LENTA**

Apolonio Gallegos-Cruz<sup>1</sup> y Jorge Pérez-Peraza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ciencias Básicas UPHCSA, I.P.N., Té 950, Iztacalco 08400,  
México, D.F.

<sup>2</sup> Instituto de Geofísica, UNAM 04510, C.U., Coyoacán,  
México, D.F.

Una alternativa importante para acelerar partículas en un plasma turbulento es a través de los modos magnetohidrodinámicos. Sin embargo, la aceleración de partículas a través del modo lento ha sido sistemáticamente descartada en base a consideraciones cualitativas. Las ondas del modo lento intercambian energía con el medio a través de dos tipos de procesos: Resonantes (Landau y giroresonante) y no-resonantes (como viscosidad y conducción térmica). Paralelamente, las partículas energizadas pierden energía principalmente a través del proceso colisional-Coulombiano.

En este trabajo se efectúa un estudio de las diversas escalas de tiempo involucradas en estos procesos de transferencia resonantes y no-resonantes. La comparación de estos tiempos permite determinar las posibilidades de que el modo lento pueda energizar partículas dentro de la corona solar y que éstas logren rebasar la barrera colisional Coulombiana y conformar así un espectro de aceleración de partículas solares.



GE.01

## ANOMOMALÍA ISOSTÁTICA, CÁLCULOS Y ANÁLISIS RELACIONADOS

Manuel Lozada-Zumaeta y Gerardo Ronquillo-Jarillo  
IPN, ESIA, Unidad Ticomán, 07330 México, D.F.

Se presentan y analizan las diversas reducciones a las que se someten los datos observados del campo de la gravedad, enfatizando el contexto físico y aspectos geológicos que involucran. Los conceptos geológicos relacionados con las distintas reducciones a las que se someten los datos gravitacionales favorecen al análisis, interpretación e integración geológica geofísica, fijando sus características y determinando sus propias limitaciones.

En este contexto se presenta el plano de anomalías de Bouguer con reducción isostática, se analiza la distribución de profundidades asociadas con la interface corteza manto del territorio nacional, utilizando el modelo de compensación local de Airy-Heiskanen y se contrasta con resultados afines. Versión simplificada del modelo de Airy que supone que las masas compensantes se concentran en un estrato de 30 Km. de espesor. Profundidad que en particular fue elegida de manera que en general minimice la correlación entre las anomalías isostáticas y datos topográficos. El efecto gravitacional tridimensional isostático es calculado y relacionado a la anomalía de Bouguer para determinar la anomalía Isostática.

GE.02

## ESTUDIO GRAVIMÉTRICO EN LA PARTE CENTRAL DE LA CUENCA ESPAÑOLA, RIFT DE RÍO GRANDE

Alfredo Sánchez-Monclú  
Depto. Geofísica Aplicada, CICESE, Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada, C.P. 22860, Ensenada B.C., México.

El rift de Río Grande situado al suroeste de los Estados Unidos es uno de los principales sistemas de rift continentales del mundo. Consiste en una serie de grabens interconectados que se extiende desde el centro de Colorado, oeste de Texas y norte de México, por una distancia de más de 1000 km. La cuenca Española es una de las distintas estructuras Cenozoicas que alineadas de norte a sur constituyen este rift. Un modelo de la estructura del subsuelo del noroeste de la cuenca Española fue construido a partir de datos gravimétricos obtenidos desde 1983 por el curso práctico Summer of Applied Geophysical Experience (SAGE). El estudio se localiza en el graben Velarde, en el área de Black Mesa, basado en la premisa de que las arenas, pobremente consolidadas del Grupo Santa Fe que constituyen el relleno de la cuenca, presentan baja densidad en relación al basamento.

Un mapa de anomalía de Bouguer completa fué obtenido con los nuevos datos. La amplitud de la anomalía es aproximadamente de 40 mGal entre un bajo gravimétrico localizado en el área de Black Mesa, y los valores más altos que se presentan hacia el este, en las Montañas Sangre de Cristo. Se puede apreciar una componente regional lineal del campo gravimétrico, decreciendo hacia el noroeste, que se atribuye a una zona anómala de baja densidad del manto superior bajo el Colorado Plateau, al oeste, en relación al manto superior normal bajo la provincia Great Plains, al este. Se modelaron dos perfiles gravimétricos a través de Black Mesa; un primer perfil que coincide con la línea principal de SAGE 1996, y

un segundo, que constituye la base de este trabajo. Se utilizó un regional lineal. El residual obtenido contiene los efectos gravitacionales de los sedimentos de baja densidad. El basamento gravimétrico nos muestra un graben asimétrico de aproximadamente 8.5 km de ancho, el graben de Velarde, compuesto por un bloque más profundo justo debajo de Black Mesa. El límite occidental de este bloque coincide con el límite oeste del graben. El límite oriental es una falla que no presenta reflejo en superficie pero que es requerida para explicar los datos gravimétricos en todos los modelos. La falla Velarde delimita el graben hacia el este, presentando un buzamiento sureste para el bloque hundido y noroeste para el bloque levantado, esto es consistente con los datos sísmicos obtenidos durante el curso.

GE.03

## EXPLORACIÓN SÍSMICA SOMERA EN LOS ARROYOS LA MISIÓN, LAS ÁNIMAS Y AGUA FRÍA, B.C.

J.C.V. Traslosheros, Juan Espinosa-Luna, Rogelio Vázquez y Carlos González  
Depto. de Geofísica Aplicada, División de Ciencias de la Tierra, CICESE, AP. 2732, Ensenada, B.C., 22860

Se realizaron varios estudios de refracción sísmica somera en arroyos cercanos a la ciudad de Ensenada, B. C. El objetivo de los estudios es el de obtener la estructura de velocidades en el estrato superficial y en el refractor, así como la profundidad del basamento. Para resolver el problema de la ambigüedad en la estimación en el acoplamiento velocidad-profundidad, se utiliza el método de inversión regularizada de datos de tiempos de viaje de ondas sísmicas y también el método recíproco generalizado (MRG). La comparación entre los resultados de ambos métodos, resulta interesante, sin embargo el método de inversión regularizada puede realizar mejor trabajo que el MRG, en presencia de capas escondidas, zonas de baja velocidad y heterogeneidad lateral tanto en el refractor como en la capa superficial. Además, para la aplicación del MRG es necesario el cruzamiento de las ramas refractadas a lo largo del perfil estudiando lo que no es estrictamente necesario en el caso del método inverso. Los resultados de la profundidad del basamento y de la estructura de velocidades, se han corroborado satisfactoriamente, gracias a la perforación de pozos.

GE.04

## ANÁLISIS SÍSMICO APLICADO A UN YACIMIENTO DE GAS

G. Ronquillo<sup>1</sup>, M. Lozada<sup>2</sup>, M. Navarro<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Instituto Politécnico Nacional, ESIA, Ticomán  
<sup>2</sup> Instituto Mexicano del Petróleo, 07730 México, D.F.

Se presentan resultados de procesamiento con parámetros petrofísicos, así como registros geofísicos de pozo para delimitar un yacimiento de gas en lentes de arena. Para este fin, se emplearon técnicas de procesamiento sísmico donde se incluyeron, el procesamiento por ondícula, atributos sísmicos de la traza compleja, AVO, AVA, y otras técnicas que dieron como resultado secciones sísmicas con mayor detalle. Con base al análisis e interpretación de las secciones sísmicas obtenidas, se seleccionaron las partes de



mayor interés, en las que se aplicó un procesamiento sísmico especial, antes de apilar, para acondicionar la señal sísmica en la solución del problema inverso, para obtener diferentes parámetros petrofísicos. Así mismo, se utilizó una técnica estadística para clasificar la forma de la señal sísmica y tener un control de ésta en los horizontes de interés, esto da una pauta para interpretar las distintas litologías asociadas con la forma de onda. Paralelamente a los procesos mencionados, se realizó el modelado sísmico para su integración final y correlación con los diferentes resultados obtenidos, dando como resultado una herramienta de gran apoyo en la localización de la probable prolongación del yacimiento de gas en lentes de arena.

GE.05

### **ANÁLISIS DE PROPIEDADES MAGNÉTICAS, MICROSCOPIA Y DATOS MAGNETOMÉTRICOS EN LOS DEPÓSITOS DE FIERRO DEL MÁRGEN OCCIDENTAL MEXICANO: SUGERENCIAS PARA EXPLORACIÓN.**

L.M. Alva-Valdivia

Instituto de Geofísica, UNAM, CU., CP., 04510, México, D.F.

Estudios de las propiedades magnéticas y mineragráficas de las rocas hésped y mineral de hierro se han venido realizando desde 1985 como parte de un proyecto de largo plazo. Los resultados que se reportan son de 59 sitios (255 núcleos de roca) de afloramientos superficiales de los tajos de explotación y zonas circunvecinas, además de 110 núcleos de muestras de 15 barrenos de diamante de los depósitos Peña Colorada, El Encino y Las Truchas. Las rocas varían desde granodioritas y diques aplíticos hasta skarn, hornfels y hierro masivo. La mineralización consiste en promedio de 60% de Fe, principalmente magnetita relacionada al emplazamiento de cuerpos intrusivos (metamorfismo de contacto). Las propiedades magnéticas de las rocas están íntimamente relacionadas con la petrogénesis de los óxidos magnéticos (series titanomagnetita y titanohematita, principalmente). La textura y grado de oxidación de estos minerales reflejan las condiciones físico-químicas de formación y evolución geológico-tectónica de las rocas. En estos depósitos, la intensidad del magnetismo remanente natural (MRN) varía de 10-4 a 104 A/m, la susceptibilidad magnética de campos bajos de 10-5 a 100 SI, la densidad de 2.5 a 6.4 gr/cm<sup>3</sup> y el coeficiente Koenigsberger de 0 a 460. La coercitividad en campos alternos esta abajo de 100 mT. Las curvas de adquisición de magnetización remanente isothermal son indicativas de titanomagnetitas pobres en titanio con campos de saturación abajo de 200 mT. Microscópicamente se observa la predominancia de oxidación deutérica grado C1-C2 con titanomagnetita euhedral, más poca ilmenita en textura trellis, hematita muy escasa. Las anomalías magnetométricas son predominantemente de forma dipolar. La amplitud de las anomalías varía de 2000 a 27000 nT pico a pico, sugiriendo la presencia de cuerpos fuertemente magnetizados. Muchas de las anomalías dipolares están orientadas casi norte-sur. Para el modelado de las anomalías se consideró la contribución relativa de las magnetizaciones remanente (MRN) e inducida (MI). Se requirió de una contribución significativa de las MRNs para modelar algunas de las anomalías, sugiriendo que hay fuertes componentes de la MRN pero orientadas cerca a la dirección del campo geomagnético del lugar. El uso combinado de estas herramientas es de invaluable ayuda en la exploración y explotación del mineral.

GE.06

### **MISIÓN MAGNÉTICA EN EL VERTEDERO DE DESECHOS URBANOS DE MATATLÁN, JALISCO, MÉXICO**

Alatorre-Zamora, Miguel Angel<sup>1</sup> y Campos-Enriquez, Oscar<sup>2</sup><sup>1</sup> Depto. de Física, CUCEI, Universidad de Guadalajara<sup>2</sup> Instituto de Geofísica, UNAM.

El vertedero de desechos urbanos de Matatlán, localizado en el municipio de Tonalá, Jalisco, recibe aproximadamente 2000 tons/día de basura de este municipio y de Guadalajara. Se encuentra asentado en un borde sur del Cañón del Río Grande de Santiago, sobre tobas basálticas y andesitas muy fracturadas. En el periodo comprendido por mayo y junio se realizó un levantamiento magnético en todo su sector oeste, que actualmente es inactivo, abarcándose un área de 350x350 m, con mediciones cada 10 m, con la idea de analizar el comportamiento estructural de su base. Dicho levantamiento muestra anomalías con clara tendencia Este-Oeste hacia la parte central del área, mientras que otras anomalías en la parte norte tienen una tendencia NW-SE, y varios rasgos anómalos en el sector sur pueden ser debidos a las características de los materiales de desecho, sin tendencia definida. Los primeros rasgos mencionados son paralelos al Cañón del Río Coyula, que es afluente perpendicular del Río Santiago. Mediciones de los rumbos de fracturas expuestas en la base andesítica, realizadas en el extremo SE del área del levantamiento magnético, habrán de mostrar alguna correlación con las tendencias generales del campo de anomalías. Estas correlaciones finales ayudaran al análisis del comportamiento de los lixiviados en la base del vertedero.

GE.07

### **CARACTERIZACIÓN GEOELÉCTRICA DE FALLAS GEOLÓGICAS EN ZONAS URBANAS DE LAS CIUDADES DE MORELIA, MICHOACÁN Y CD. GUZMÁN, JALISCO**

J.T. Silva-G.<sup>1</sup>, V.H. Garduño-M.<sup>2</sup>, S. López-D.<sup>1</sup>, A. Cortés<sup>3</sup>, R. Saucedo<sup>3</sup>, J.C. Gavilanes<sup>3</sup><sup>1</sup> CIIDIR-IPN-Mich. COFAA<sup>2</sup> UMSNH-IM<sup>3</sup> Universidad de Colima

El estudio comprendió la aplicación de métodos eléctricos en distintas zonas del entorno urbano de ambas ciudades que en los últimos años han manifestado hundimientos (hasta de 40 cm. en Morelia) con un comportamiento lineal, cuya afectación material asciende actualmente a varios millones de pesos. En Morelia, se han detectado al menos cinco fallas geológicas en distintos puntos de la ciudad, mientras que en Ciudad Guzmán a la fecha solo tres áreas se han definido.

El método de caracterización geoeléctrica de estas estructuras comprendió la realización de SEV utilizando configuraciones Schlumberger con líneas de emisión de corriente de 1000 m y 200 m, así como configuraciones Wenner con separaciones interelectrodicas de 10 m en todos los casos. Los resultados obtenidos permitieron definir con claridad zonas anómalas caracterizadas por bajos valores resistivos (6-8 Ohms-M) que son



evidentemente coincidentes y correlacionables con las zonas de hundimiento o fallas geológicas con expresión morfológica en superficie. Esta información complementada con otros métodos refuerzan la teoría de que ambas ciudades están siendo fuertemente afectadas por un sistema de fallas geológicas activo hoy en día fenómeno muy digno de tomarse en cuenta en la toma de decisiones referido al crecimiento urbano.

GE.08

### ARMÓNICAS SIMPLES Y MÚLTIPLES EN CURVAS DE POTENCIAL ESPONTÁNEO

John A. Randall-Roberts

A.P. 168 C.P. 36000, Guanajuato, Gto., México

Después de un reconocimiento reciente de la ciclicidad de curvas de potencial espontáneo (PE), fué posible observar que las armónicas desarrolladas en las curvas podían ser de un tipo sencillo con una sola longitud de onda y amplitud, o podrían ser múltiples. En este caso, se quiere decir que sobre una armónica puede ser impuesta otra, o tal vez más, para dar un sistema múltiple. Las mediciones, en caso de curvas complejas, requieren de más cuidado que lo usual en este tipo de estudios, incluyendo repetición de puntos y asegurarse que la deriva es pequeña. Se trata de la obtención de curvas suaves sin la rugosidad que siempre ha sido típico con PE, para eliminar la necesidad de alterar la curva de campo: visualmente o por algún método estadístico. La adquisición de un voltímetro de mayor impedancia de entrada que la normal (10,000 mega ohmios entre terminales) en conjunto con un mayor cuidado en la puesta de los electrodos, ha permitido más estabilidad en las mediciones. La falta de ella es una de las causas de lecturas erráticas. Con éstos parámetros es posible delinear una curva con una amplitud de solamente 10mV con bastante confianza. Se presenta una del Bajío de Guanajuato en un acuífero libre con una longitud de onda de 150 mts, los cálculos dan resultados muy cercanos a la realidad sobre la profundidad del flujo mayor del acuífero. Otra curva que se presenta es una armónica múltiple en un acuífero confinado abajo de uno somero de tipo libre. La armónica de corta longitud de onda y alta amplitud ha sido doblegada por otra armónica de baja amplitud y una longitud de onda mucho más larga. El primer acuífero: el somero y libre, se abraja en arenisca, y la cautiva y profunda se arma en caliza.

GE.09

### APLICACIÓN DE UN MÉTODO DE CLASIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL, MÉXICO

Pedraza-Rodríguez, U.M. y Chapa-Guerrero, J. R.

Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, CP. 67700, Nuevo León, México

El estudio de los movimientos en masa ha desarrollado durante mucho tiempo, diferentes tipos de clasificaciones acordes a un sinnúmero de parámetros y puntos de vista del investigador. Recientemente, investigadores italianos han reportado una clasificación morfológica de tres categorías, como una herramienta más en la interpretación y comprensión de estos fenómenos. Su método se centra en las características de movilidad en razón del volumen de la masa deslizada y su desplazamiento. En la Sierra

Madre Oriental, región Noreste de México, se han estudiado en la última década, pocos movimientos en masa de magnitud entre los  $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ . En el presente estudio se pretende aplicar la clasificación y metodología de los italianos, cuyo objetivo principal se centra en la predicción de la distancia de desplazamiento de futuros movimientos en masa, principalmente en las áreas urbanas. Esto es con el objeto de delimitar los riesgos geológicos implícitos en estos fenómenos.

GE.10

### PROPUESTA PARA LA CONSTITUCIÓN DE UN NUEVO MAPA DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL TERRENO DE LA REPÚBLICA MEXICANA

Omar Delgado-Rodríguez

Instituto de Geofísica

El valor de la conductividad eléctrica del suelo depende de varios factores (naturaleza del medio, humedad, irregularidades del terreno, etc.), los cuales son difíciles de tener en cuenta para una estimación precisa de este parámetro eléctrico, lo que es imprescindible para la planificación correcta del servicio de radiodifusión en ondas medias y largas. En este trabajo se expone la necesidad de elaborar un nuevo mapa de la conductividad eléctrica del terreno para la República Mexicana, partiendo de la ejecución de mediciones del campo electromagnético emitido por diferentes transmisores de ondas medias de radio, para una cantidad considerable de puntos distribuidos en toda la República. Para el procesamiento y determinación del valor de la conductividad eléctrica se propone una metodología simplificada y eficiente que disminuye notablemente el costo de un levantamiento de este tipo.

GE.11

### ANÁLISIS DE LAS PRINCIPALES CUENCAS PETROLERAS DE MÉXICO Y SUS RELACIONES CON LA TECTÓNICA DE PLACAS.

Gerardo Ronquillo-Jarillo<sup>1</sup>, Manuel Lozada-Zumaeta<sup>1</sup> y Gustavo López-Gómez<sup>2</sup><sup>1</sup> IMP. Eje Central Nte. Lázaro Cárdenas No.152, México, D.F.<sup>2</sup> CFE. Superintendencia de Estudios Geológicos Zona Pacífico Norte, Guadalajara Jal.

El objetivo del presente trabajo, consiste en correlacionar los lineamientos principales, morfolineamientos del relieve moderno con la tectónica de placas en las cuencas petroleras principales del Territorio Mexicano. En base a los lineamientos interpretados de imágenes de satélite, análisis morfoestructural en correlación con los gradientes horizontales de la interfaz Corteza-Manto, mapas gravimétricos e información geológica y geofísica. Las cuencas principales de interés petrolero tanto en la Planicie Costera del Golfo, como las que se localizan en costa del Océano Pacífico, reflejan en superficie con los lineamientos y morfolineamientos, así como en profundidad con los datos geofísicos, su relación con la evolución cuencas, delimitando sus unidades tectónicas o provincias geológicas.

Basado en el análisis, interpretación e integración de los mapas de lineamientos, morfoestructural y geofísicos, se propone que la Placa de Cocos tiene influencia tectónica desde la corteza



terrestre hasta el relieve moderno. Deduciendo que probablemente en el límite Sur del Istmo de Tehuantepec se remarca un límite de dos placas que esta configurado a su vez por la actividad sísmica sostenida. En base a lo anterior se postula que la placa de Cocos se ha separado en dos, una con dirección NE y la otra aproximadamente al Este. Por lo tanto es probable que las cuencas Terciarias del Sur, empezaron actuar en el período del Mioceno, dado que es bien conocido que estas cuencas son consecuencia de deformaciones de este período y están relacionadas con la separación de la placa de Cocos.

GE.12

### INTERPRETACIÓN DEL ESPESOR DEL COMPLEJO SERPENTINITICO DE LA OFIOLITA PUERTO NUEVO A PARTIR DE UN PERFIL MAGNETOMÉTRICO.

Castro-Leyva, T., García-Abdeslem, J. y Delgado-Argote, L. A.

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

Se presentan los resultados de un perfil magnetométrico, el cual forma parte de un levantamiento que se realizó 10 km al noreste del poblado Puerto Nuevo, en la Península de Vizcaino. Esta exploración tiene como finalidad conocer la profundidad del cuerpo ultramáfico serpentizado de la Ofiolita Puerto Nuevo (Triásico Superior), aprovechando sus propiedades magnéticas contrastantes con la de los gabros de la misma intrusión. En el área se reconocieron afloramientos de rocas volcánicas intermedias y máficas de la Formación San Hipólito del Triásico Superior, y sedimentos de la Formación Valle del Cenomaniano-Santoniano.

Los datos fueron corregidos por variación diurna y, se les restó la intensidad del campo magnético regional (46000 gammas) para conocer la perturbación local del campo magnético. Tanto el máximo valor de la anomalía residual (592.18 gammas) como el mínimo (-1210 gammas) se obtuvieron sobre el cuerpo serpentizado aflorante, lo que indica una amplia variación en sus propiedades magnéticas debida a variaciones en la composición de los protolitos. Del mapa de contorno se observó que las anomalías magnetométricas generalmente presentan formas dipolares. Con el objetivo de calcular la profundidad de las fuentes que producen las anomalías magnéticas obtenidas se eligió un perfil representativo de los principales rasgos magnéticos de la zona de estudio que incluye contactos entre la unidad de gabro y serpentinitas. La longitud de la sección es de 3.8 km, orientada hacia 127.5°.

El modelado de las anomalías magnéticas del perfil se realizó mediante un programa de inversión. Los valores de susceptibilidad magnética que se utilizaron para el programa resultan del promedio de mediciones realizadas en muestras representativas de cada tipo de roca (serpentinitas= $54.64 \times 10^{-6}$  emu/cc ; gabro= $7 \times 10^{-6}$  emu/cc y areniscas= $20 \times 10^{-6}$  emu/cc). Del perfil se puede observar un fuerte gradiente en el valor de las anomalías magnéticas, el cual alcanza un máximo de 400 gammas en el contacto entre la unidad de gabros y serpentinitas y un mínimo de -400 gammas dentro de la serpentinitas fuertemente cizalladas. El contacto entre los gabros y los sedimentos de la Formación Valle no es muy claro ya que estas rocas presentan respuesta magnética similar.

Se interpreta que por debajo del cuerpo serpentinitico

aflorante, existe otro cuyo protolito puede estar más serpentizado, o su composición es más rica en olivino. El contacto o posible zona de transición es irregular y se define un espesor aproximado de 650 m. La profundidad máxima que se estima para este cuerpo magnetizado es de 880 m. Lo anterior se apoya en el hecho de que en la región no afloran rocas cuya respuesta magnética sea mayor a la de las serpentinitas.

GE.13

### INTERPRETACIÓN ELÉCTROMAGNÉTICA DE MUY BAJAS FRECUENCIAS (VLF) USANDO LA ELÍPSE DE POLARIZACIÓN

Juan Espinosa-Luna<sup>1,2</sup> y J.M. Espinosa-C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE, Ensenada, B.C.

<sup>2</sup> Facultad de Físico-Matemáticas, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa.

Con el objetivo de identificar zonas de baja resistividad asociadas a zonas de alteración posiblemente debidas a fracturas o fallas, se realizaron tres perfiles de longitud variable sobre el Valle de las Auras, municipio de Tecate, B.C. La adquisición de datos se llevo a cabo con un equipo OMNI-PLUS. En el área de estudio se reciben las señales de los transmisores Jim Creek, Hawaii y Cutler. La posición geográfica del valle así como la orientación de los perfiles respecto a los diferentes transmisores definieron la antena que se apega más al modo TE y genera la máxima inducción. Para la interpretación se utilizó el algoritmo de modelado directo de Madden y Vozof basado en la analogía de la superficie de transmisión, interpretándose los datos de Cutler y corrigiéndose por efecto topográfico. Se modeló el ángulo de inclinación de la elipse de polarización teniendo un error promedio entre los datos observados y calculados de  $\pm 2^\circ$ . Los resultados indican zonas de baja resistividad que coinciden con las trazas de las fracturas o fallas indicadas en la interpretación de perfiles magnéticos y de sísmica de refracción realizados en el mismo sitio.

GE.14

### TÉCNICA DE RADAR DE PENETRACIÓN TERRESTRE Y APLICACIONES

Dolores Ibáñez-Garduño

Instituto de Geofísica, UNAM, CU., México D.F. 04510

El término de Radar de Penetración Terrestre (GPR), es aplicado a una técnica que emplea impulsos electromagnéticos de muy corta duración (en un rango de frecuencias de 10MHz a 2GHz), para determinar estructuras del subsuelo. Esta técnica opera bajo tres modos: Reflexión, Sondeo de Velocidades y Transiluminación; de los cuales el más común es la técnica de Reflexión. Las técnicas de Radar están basadas en la propagación de ondas electromagnéticas en un medio, en particular el medio de interés del GPR es el subsuelo, la manera en la cual este campo interactúa con los materiales del subsuelo, determina el comportamiento de la señal emitida a través de su trayectoria (propagación, reflexión, atenuación, etc.). En principio para este método, el objetivo de estudio debe presentar un contraste en sus propiedades electromagnéticas con respecto al material encajonante, para que de esta forma la señal transmitida en el terreno se refleje y sea detectada en superficie, generándose perfiles similares a los



obtenidos en Sísmica de Reflexión. El sistema de GPR consiste de una unidad principal (Unidad Central de 12v DC), que es la que controla la generación de la señal del Radar y las reflexiones recibidas como una unidad de tiempo. El sistema se completa por una antena transmisora y una receptora y la totalidad del equipo se controla desde una computadora. En el presente trabajo se muestra la prospección realizada mediante esta técnica en dos zonas de interés arqueológico (La Campana, en Colima y Tamuin en San Luis Potosí). En ambas zonas el objetivo era determinar la localización de restos arqueológicos (pirámides, muros, etc.). Excavaciones posteriores han permitido contrastar los resultados del estudio del GPR con la presencia de estructuras en el subsuelo.

GE.15

### **ESTUDIO GEOFÍSICO Y GEOLÓGICO DEL VALLE DE ETLA, OAXACA.**

Belmonte-Jiménez S., Rodríguez-García M.G. y Juárez-Aguilar L.

CIIDIR-IPN, Unidad Oaxaca, Hornos #1003, Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca, México.  
E-mail: sjimenez@vmredipn.ipn.mx

El acuífero del Valle de Etlá forma parte de la región de los Valles Centrales de Oaxaca que es fuente básica de suministro de agua ya que abastece el 90% a esta ciudad. En los últimos años se ha incrementado la demanda del recurso, lo que ha provocado un aumento en el número de pozos para la extracción, disminuyendo la vida útil del acuífero. El objetivo del estudio es conocer las características físicas y geométricas del acuífero para proponer alternativas de explotación racional y garantizar el abasto a la población, para ello se realiza un estudio geofísico y geológico del área. Geológicamente éste Valle está controlado por estructuras regionales NW-SE que lo limitan longitudinalmente y otras con rumbo NE-SW transversales al mismo. Se ha realizado un levantamiento magnético para conocer la profundidad del basamento impermeable y uno con el método electromagnético de bobinas en el límite resistivo para conocer el espesor y la resistividad de las capas que constituyen dicho acuífero. Con el análisis integrado de los datos se pretende llegar a un modelo que explique su comportamiento hidrodinámico para hacer un uso racional del recurso.

GE.16

### **SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LÍNEA VÍA INTERNET**

Alejandro Hinojosa-Corona

Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE,  
Km. 107 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C.  
E-mail: alhino@cicese.mx

La aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) en algunos proyectos de investigación en la División de Ciencias de la Tierra del CICESE y la participación activa de los alumnos del posgrado en cursos de SIG, han generado durante los últimos años, un conjunto de datos espaciales que en su mayoría son de la península de Baja California. Existen zonas con más información que otras como son las ciudades de Ensenada y Tijuana. Entre los temas que incluyen los datos están: geología, topografía, caminos, geomorfología, fallas y fracturas geológicas, sismicidad, localidades,

uso del suelo y otros. El conjunto de datos fue desarrollado e integrado utilizando el sistema GRASS (Geographic Resource Analysis and Support System), el cual es un SIG de dominio público desarrollado por el cuerpo de ingenieros de la armada de los Estados Unidos.

Gracias al avance en las telecomunicaciones y en los protocolos de interconexión entre computadoras, ahora existen herramientas que nos permiten divulgar y compartir el conocimiento de manera nunca antes imaginadas. Haciendo uso de ellas, se habilitó el acceso al sistema de información geográfica a través de internet con ayuda de GRASSlinks, que es una interfaz HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) de dominio público a GRASS. Esta interfaz fue desarrollada en la Universidad de California en Berkeley, la cual se adecuó y personalizó a las necesidades del Departamento de Geología del CICESE. Ella provee la funcionalidad para que a través de la WWW (World Wide Web) se pueda realizar la consulta y análisis espacial de la información geográfica. A la fecha existen tres implantaciones de GRASSlinks; una en la zona de la Bahía de San Francisco E.U., otra en Australia y ahora en Baja California, México.



GEOH.01

### COMPARACIÓN DE DOS TÉCNICAS GEOFÍSICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DIRECCIÓN PREFERENCIAL DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

Isabel Simón<sup>1</sup> y J. Andrés Chavarría<sup>1,2</sup><sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM. CU., México D.F. CP. 04510<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, UNAM. CU., México D.F. CP. 04510

24 sondeos azimutales geoelectrónicos (SAG), fueron realizados en los valles de Viborillas, Tezontle y de Monte Alegre, del área del Ajusco, con objeto de hacer una caracterización hidrogeológica de estos acuíferos no confinados. Estos sistemas se localizan en una región caracterizada por tener un alto nivel de fracturamiento, lo que favorece la rápida infiltración de aguas pluviales.

Los estudios se realizaron empleando dos configuraciones de electrodos con el propósito de determinar cual de las dos configuraciones ofrece mayor información sobre la anisotropía eléctrica en medios fracturados, estas dos configuraciones son: el arreglo Wenner y el arreglo cuadrado. Con la información obtenida de estos sondeos, y sumando información de sondeos eléctricos verticales (SEV) y perfiles eléctricos, se pudo determinar la dirección de la conductividad hidráulica en ambos sitios, así como el nivel de penetración en la investigación.

GEOH.02

### USO DE INFILTRÓMETROS DE DOBLE ANILLO EN PROYECTOS DE RECARGA DE ACUÍFEROS

Carlos Gutiérrez-Ojeda

Subcoordinación de Hidrología Subterránea, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac #8532, Progreso, Jiutepec, CP. 62550, Morelos, México

En el año de 1991 el IMTA llevó a cabo un proyecto de recarga artificial superficial mediante embalses en la Región Lagunera. Para ello se realizaron 3 pruebas de infiltración utilizando infiltrómetros de doble anillo, con el fin de determinar el probable volumen de infiltración y las dimensiones de los embalses.

Los resultados indican que el valor de la capacidad de infiltración obtenido con los infiltrómetros (7.4 cm/h) es consistente con el obtenido durante la primera etapa del proyecto de recarga (7.1 cm/h), lo demuestra la utilidad de este tipo de mediciones.

GEOH.03

### EQUIPO PARA MONITOREO HIDROGEOLÓGICO EN POZOS

A. Mousatov, N. Kouzoub, C. Pola-Símota, I. Navarro-de León

Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, N.L.

La exploración de nuevos recursos hidráulicos, así como la utilización óptima de los ya existentes, incluyendo el control permanente de contaminación de las aguas subterráneas, predicción

del agotamiento de acuíferos, y también el pronóstico de los procesos negativos de terrenos adyacentes como resultado de un impacto ambiental de construcciones hidrotécnicas, todos dichos problemas requieren el desarrollo de nuevas tecnologías para el monitoreo hidrogeológico.

En este trabajo se propone el sistema automático de adquisición de datos para mediciones de temperatura con sensibilidad de 0.01-0.02°C, mineralización integral con sensibilidad (equivalente a NaCl) de 0.01 gr/L y nivel del agua en pozos con sensibilidad de 2 mm. La administración para los regímenes de trabajo y funcionamiento de los sistemas de medición, almacenamiento y transmisión de los datos se realiza con ayuda de una computadora de tipo notebook a través del puerto serial de comunicaciones. El período de mediciones, asimismo el tiempo de demora entre el inicio de mediciones y activación del microprocesador se puede variar desde 20 s hasta 10 días con paso de 10 s. La cantidad máxima de mediciones, incluyendo además la temperatura en aire y control de voltaje de una fuente eléctrica es de 2,400. El consumo de la corriente entre mediciones es de 12-15 mA con voltaje de la fuente eléctrica de 5.6V±10%. El equipo está diseñado para trabajar en régimen autónomo de largo plazo en pozos con diámetro mayor de 80 mm. Se presentan los resultados de la aplicación del equipo desarrollado para monitoreo hidrogeológico en la presa El Cuchillo Solidaridad, así como su empleo en pruebas hidrogeológicas de desplazamiento.

El desarrollo del equipo y el monitoreo en la presa El Cuchillo Solidaridad fueron realizados en el marco de proyectos de colaboración entre la Facultad de Geología de la Universidad Estatal de Moscú (Rusia) y de la Facultad Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León (México).

GEOH.04

### LA HIDROGEOLOGÍA Y SU RELACIÓN CON LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO

Rodrigo González<sup>1,2</sup>; Armando G. Canales<sup>2</sup>, Ismael González<sup>3</sup> y Luis E. Marín<sup>1</sup><sup>1</sup> Instituto de Geofísica UNAM. CU., Coyoacán, 04510 México, D.F.<sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Sonora. 5 de Febrero 818 Sur, 85000 Cd. Obregón, Sonora, México.<sup>3</sup> Comisión Nacional del Agua. Guadalupe Victoria y California, 85000 Cd. Obregón, Sonora, México.

Un análisis de la relación hidrogeológica de este valle, con el contenido de minerales disueltos en el agua subterránea, contribuye en la ubicación y diseño óptimo de pozos para la explotación agrícola y de agua potable. El principio del problema inicia con la salinización de pozos localizados en zonas que hasta antes de 1970 contenían agua dulce (<1,000 ppm de STD) y que progresivamente han alcanzado salinidad intolerable (>5,000 ppm de STD) para consumo humano e irrigación agrícola.

Perforaciones exploratorias de 80 m de profundidad, para la obtención de agua y material geológico en el perfil vertical de cinco distintos sitios del valle, han indicado que existe una marcada relación entre esos mantos acuíferos salinos y el contenido de arcillas interestratificadas, en donde un análisis por Difracción de



Rayos X, de la composición mineralógica de esas arcillas, correspondió a montmorillonita, una arcilla del grupo smectita, detectándose en mayor proporción (>80%) en todos los pozos perforados; y en menor proporción (<20%) una combinación de: cuarzo, feldespato, plagioclasas, calcita, ceolitas (eucandita), hematita, limonita y micas. El análisis geoquímico de iones de estas arcillas, indicó la predominancia de iones Cl, Ca, Mg y  $\text{SO}_4$ . Mediante monitoreo periódico hidrogeoquímico, se ha observado que la salinidad del agua ha evolucionado en el tiempo, presentando una variación espacial, tanto en el perfil vertical como horizontal, con predominio de los iones que conforman las arcillas analizadas, confirmando la relación entre las arcillas y la salinidad del agua, ya que el 90% de las muestras con alto contenido salino corresponden a estratos arcillosos de montmorillonita. Se concluye que estas arcillas son las principales responsables de la salinidad del agua, y que la modificación de la dinámica del agua generada por el bombeo ha provocado la expansión de las áreas con agua de alto contenido salino, sin descartar que también existe una influencia por transporte de solutos desde la superficie, debido a la recarga vertical que ejercen la irrigación y la fertilización entre otras prácticas agrícolas en este valle, las cuales también están siendo analizadas.

GEOH.05

#### **VOLUMEN DE SEDIMENTO DRENADO A BAHÍA CONCEPCIÓN, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO. (1922-1988)**

José Luis Pérez-Soto y Oscar E. González-Yajimovich  
Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C., México

Se evaluó la cantidad de sedimento drenado hacia Bahía Concepción a través de las cuencas de drenaje que rodean la bahía, utilizando estadísticas de precipitación de la zona, de los años de 1922 a 1988. El cálculo se realizó para cada una de las cuencas de drenaje, mediante el modelo numérico de Langbein y Schumm (1958). Para la aplicación del modelo, se obtuvo para cada cuenca la precipitación anual media efectiva (PAME), el coeficiente ponderado de escurrimiento y su área. La PAME se obtuvo en base al volumen medio de agua que puede llegar a escurrir, este a su vez depende del tipo y porcentaje de cobertura vegetal, textura del suelo, pendiente y área de la cuenca. El área individual de las cuencas se obtuvo digitalizando mapas topográficos del área, a una escala 1:50,000, proporcionados por INEGI, por medio del programa de computación AutoCad versión 12 y un digitalizador tipo KURTA XLC3648. Se observó que las cuencas del lado oeste de la Bahía son las que más sedimento aportan y que la formación de los deltas del lado este son posiblemente producto de una baja pendiente causada por la macro falla que atraviesa Bahía Concepción y no porque aporten mayor cantidad de sedimento que las cuencas del lado oeste. Se obtuvo que el volumen potencial de sedimento drenado anualmente a Bahía Concepción fue de  $14,777.57 \text{ m}^3$ .

GEOH.06

#### **INVESTIGACIONES HIDROGEOLÓGICAS EN MACIZOS ROCOSOS DE LA PRESA EL CUCHILLO SOLIDARIDAD, CHINA, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

Ignacio Navarro de León, Héctor de León-Gómez, Jorge Werner y Cosme Pola Símula  
Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto, AP. 104, 67700 Linares, Nuevo León, México

La presa El Cuchillo Solidaridad, es una obra hidráulica construida durante los años 1990-1994 y forma parte de la etapa Monterrey IV del Plan Hidráulico de Nuevo León. Su uso está destinado a la captación y almacenamiento de los escurrimientos de agua en la Cuenca del Río San Juan, para el abastecimiento de agua potable a los más de 3.5 millones de habitantes de la Cd. de Monterrey y su área metropolitana, con una capacidad proyectada de suministro de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  en dos etapas, capaz de cubrir el déficit actual y asegurar el suministro de agua potable en los próximos 15 años.

La construcción y operación de una obra de tales dimensiones, hace surgir la necesidad del estudio de los cambios hidrogeológicos provocados en el entorno del embalse como consecuencia de su llenado, así como de los fenómenos que se derivan, como pueden ser las pérdidas por filtración, la aparición de áreas de inundación y extensas zonas con ensalitramiento de suelos, además de cambios locales en el medio ambiente. Asimismo, se requiere la evaluación desde el punto de vista de la permeabilidad integral que representa el macizo rocoso que funciona como dique natural. Con tales fines, la presente investigación muestra los resultados de la integración de diferentes metodologías para el estudio de la Loma Los Pozos, localizada en la prolongación sur de la cortina de la presa El Cuchillo Solidaridad. La Loma Los Pozos, geológicamente está constituida por una secuencia alternante de areniscas y lutitas, coronada en su cima por depósitos recientes de gravas. El estudio hidrogeológico realizado mediante el establecimiento de una red de pozos de monitoreo, demuestra que los estratos de arenisca actúan como horizontes acuíferos, constituyendo así un acuífero múltiple. El seguimiento de las fases iniciales de llenado del vaso de la presa y la observación en el comportamiento de las aguas subterráneas, permite establecer los mecanismos de interacción en el sistema presa-agua subterránea.

Los resultados del presente trabajo relacionados al aprovechamiento integral de los recursos hidráulicos y el estudio del comportamiento de la permeabilidad en macizos rocosos, establecen principalmente las bases metodológicas para el control y seguimiento de procesos subsecuentes en proyectos de construcción de futuras presas y en segundo orden la elección de sitios para la disposición de desechos domésticos y peligrosos en el noreste del país.



GEOH.07

# **PROYECTO LÍMITES DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL NORESTE DE MÉXICO. OBJETIVOS Y METAS**

Héctor de León-Gómez<sup>1</sup>, Kurt Schetelig<sup>2</sup>, Jorge Werner<sup>3</sup>, Rafiq Azzam<sup>4</sup>, Dirk Masuch-Oesterreich<sup>2</sup>, Francisco Medina-Barrera<sup>1</sup>, Martín M. Rangel-Rodríguez<sup>1</sup>, Ignacio Navarro de León<sup>1</sup> y José Octavio Salinas-Ramírez<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, AP. 104, 67700 Linares, Nuevo León, México

<sup>2</sup> Lehrstuhl für Ingenieurgeologie und Hydrogeologie der RWTH-Aachen, Lochnerstr. 4-20, 52064 Aachen, Alemania

<sup>3</sup> Geologisches Landesamt Freiburg

<sup>4</sup> Institut für Geotechnik, Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, Deponiebau und geotechnische Sicherungsverfahren der TU Bergakademie Freiberg, Zuenerstr. 1, 09596 Freiberg, Alemania.

<sup>5</sup> Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, Matamoros 1717 Pte., 64000 Monterrey, Nuevo León, México.

Debido a la gran demanda de agua que presenta Monterrey y su área metropolitana, siendo de aproximadamente 17 m<sup>3</sup>/s, se requiere de una evaluación de todas las fuentes superficiales y subterráneas que integran el sistema de abastecimiento regional. Cabe señalar que la oferta actual es de cerca de 9 m<sup>3</sup>/s, originándose un déficit de 8 m<sup>3</sup>/s. En el marco del presente proyecto se presentan los objetivos y metas a alcanzar en el desarrollo del presente proyecto. Se evaluarán y cuantificarán las fuentes superficiales (Presas El Cuchillo, Cerro Prieto y La Boca) y fuentes subterráneas (galerías, socavones y pozos) con el objetivo principal de incrementar el suministro de agua tanto para uso doméstico como industrial.

La metodología a emplear se basa en investigaciones hidrogeológicas, geológicas, ingenierogeológicas y de geología ambiental. Las metas esperadas serán las de conocer el estado actual de los sistemas de abastecimiento regionales de agua potable, determinar los gastos reales de entrada y salida a través de balances hidrológicos, evaluar los gastos de filtración de las fuentes superficiales y subterráneas, determinar el estado actual y a futuro de la estabilidad a colapso hidráulico de las fuentes, modelaje de los gastos de filtración comparativos con la oferta y la demanda actual, evaluación hidrogeológica e ingenierogeológica de las regiones norte y sur del estado de Nuevo León. Al término del proyecto se logrará dar una solución inmediata a la problemática del abastecimiento de Agua Potable para la ciudad de Monterrey y su área metropolitana.

GEOH.08

## **EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN EN EL ACUÍFERO COSTERO LOCALIZADO EN EL AREA EJIDO CHAPULTEPEC, ENSENADA, B.C., USANDO EL MODELO DRASTIC**

C. Barrera-Ortiz, A. Hinojosa-Corona y J. Herrera CICESE, Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C.

La caracterización de una área sujeta a explotación de agua subterránea es esencial para conocer los factores que pueden afectar la calidad de la misma. Por eso hay la necesidad de estimar el riesgo

de contaminación del acuífero, para desarrollar estrategias que minimicen el mismo. Una de las componentes que se debe de conocer para poder estimar este riesgo es la vulnerabilidad del acuífero. En donde la distribución espacial de ésta está en función de las características intrínsecas del ambiente geohidrológico y determinan la sensibilidad de este a ser afectado por una carga contaminante.

Una de las herramientas creadas para la protección de agua subterránea es una metodología referida como DRASTIC, desarrollada por la Agencia de Protección Ambiental (E.P.A.) y por la Asociación Nacional de Pozos de Agua (NWWA), en los Estados Unidos. Fue diseñada para proveer una evaluación sistemática de la vulnerabilidad a la contaminación en el agua subterránea en cualquier ambiente geohidrológico. DRASTIC consiste de siete variables, de las cuales su nombre es derivado, cada letra es un parámetro hidrogeológico que se considera mapeable (Aller, et.al., 1987) y en los que les asigna un peso relativo con respecto a su grado de contaminación potencial dentro del agua subterránea en forma individual. También cada una de las variables es clasificada en categorías o rangos con valores asignados de acuerdo a su probabilidad de contaminación. El resultado final es para cada ambiente hidrogeológico un índice obtenido a partir de la siguiente ecuación:

$$D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w = \text{INDICE DRASTIC}$$

Donde:

**D**=Profundidad del agua (Depth to water); **R**=Recarga neta (Net Recharge); **A**=Acuífero (Aquifer media); **S**=Suelo (Soil media); **T**=Topografía (Topography); **I**=Impacto de la zona vadosa (Impact of vadose zone media); **C**=Conductividad Hidráulica (Hydraulic Conductivity of the aquifer); <sub>r</sub>=Valor; <sub>w</sub>=Peso.

El trabajo muestra el resultado obtenido al aplicar la metodología DRASTIC en diferentes escenarios de tiempo en el nivel estático y la precipitación, la cual evalúa la vulnerabilidad del área de estudio a ser contaminada su agua subterránea, se aplicó el modelo con ayuda de un sistema de información geográfica basada en la estructura de datos en rejilla. El producto final, es un mapa que muestra los diferentes grados de vulnerabilidad o peligro potencial del acuífero a contaminarse dentro del área estudiada, indicando las zonas más vulnerables y de mayor riesgo a ser contaminadas.

GEOH.09

## **RIESGO DE CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO DE LA PLANICIE COSTERA DEL VALLE DE MANEADERO, MUNICIPIO DE ENSENADA, B.C.**

Gustavo Córdoba-Bojórquez, Jaime Herrera-Barrientos y Rodrigo González-Enríquez CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C.

Se presenta el riesgo de contaminación del Acuífero Costero del Valle de Maneadero, municipio de Ensenada, B.C. La metodología desarrollada permitió establecer el grado de riesgo mediante la determinación de los índices de vulnerabilidad del acuífero y de la carga contaminante que se vierte de la Planicie Costera. La vulnerabilidad se obtiene por medio de dos parámetros principales: La profundidad al nivel estático y la transmisividad



hidráulica. La carga contaminante se obtiene con base en cuatro criterios de cada una de las fuentes contaminantes: la clase de contaminante, la intensidad de la contaminación, el modo de disposición del contaminante y el tiempo de aplicación del contaminante. Los resultados muestran que la vulnerabilidad es alta en la mayor parte del acuífero, así como la carga contaminante en la mayor parte del valle, ésta última es generada por un asentamiento humano, seis establos lecheros, dos basureros y la actividad agrícola la cual vierte grandes cantidades de agroquímicos. Al traslapar el mapa de vulnerabilidad y el de carga de contaminante se obtiene el mapa de riesgo, el cual nos indica que el riesgo de contaminación del acuífero es alto.

GEOH.10

### MODELO DE INTRUSIÓN SALINA EN LA ZONA COSTERA DE HERMOSILLO.

E.L. Flores-Márquez, Gonzalo Alduncin y Arturo Castro  
Instituto de Geofísica, UNAM, CU., D.F., México, C.P. 04510.

A lo largo de la línea de costa de la República Mexicana, abundan ejemplos de regiones agrícolas y urbanas sustentadas por acuíferos con calidad de agua deteriorada a causa de la intrusión de agua salada. En los grandes centros de este tipo los problemas de contaminación aumentan año con año, tal es el caso de la zona de riego No. 51 de la Costa de Hermosillo. Esta zona situada entre la costa y la ciudad de Hermosillo presenta un grave problema de intrusión que podría llegar hasta la ciudad de Hermosillo, contaminando los acuíferos que abastecen a la población. Una basta zona de tierras que hasta hace algunos años era utilizada para la siembra por riego actualmente es inutilizable debido a la contaminación de sus acuíferos. A pesar de que en los últimos 15 años la Comisión Nacional del Agua (CNA), ha instaurado programas moderados de explotación, la intrusión continua. Es por ello que hemos elegido a esta zona ampliamente estudiada para poner a prueba herramientas matemáticas y computacionales que simulan las perturbaciones externas que se imponen a los acuíferos, con la finalidad de proponer explotaciones racionales de los acuíferos que minimicen el problema de intrusión.

La primera parte de nuestro proyecto consiste en el desarrollo del análisis matemático y numérico de problemas de flujo en medios porosos con fronteras libres, en geometrías tridimensionales irregulares. La metodología para resolver este tipo de problemas ha sido la aproximación por elementos finitos, con muy diversos tratamientos numéricos; nosotros proponemos una nueva formulación variacional penalizada (propuesta por Alduncin y Esquivel) para la solución de problemas de flujo, utilizando métodos de descomposición. Como parte del procesamiento de datos se presenta también la geometría de la zona en base a datos geofísicos y el estado actual del acuífero, con un modelado inicial por perfiles para simular el avance de la intrusión.

GEOH.11

### MODELO PRELIMINAR DE FLUJO TRIDIMENSIONAL DEL ACUÍFERO DE LA PLANICIE COSTERA DEL VALLE MANEDERO, B.C., MÉXICO

Citlalli Sarmiento López y Jaime Herrera Barrientos  
CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C.

Se planteó un modelo de flujo para acuífero de la Planicie Costera del Valle de Maneadero, utilizando el programa MODFLOW, el cual considera al movimiento del flujo tridimensional. Para la calibración se realizaron varias corridas, en donde se variaron los parámetros del acuífero, tanto físicos (profundidad del basamento) como hidráulicos (transmisividad, permeabilidad y coeficiente de almacenamiento), así como también el caudal de extracción por pozos. En el modelado se observó que los factores que tienen mayor sensibilidad hacia el MODFLOW, son la profundidad del basamento y el caudal de extracción por pozos. También se observa que la mayor recarga que tiene el acuífero es subterránea, con un promedio de 16 Mm<sup>3</sup>/año, ligada a los cauces de los arroyos San Carlos y el Zorrillo. El modelo propuesto es un principio para el conocimiento del comportamiento del acuífero del Valle del Maneadero, de esta manera se sabe en qué líneas hay que seguir trabajando para afinarlo, para al final poder concretar propuestas de explotación, que sean beneficiosas, tanto para los agricultores como para el gobierno.

GEOH.12

### SIMULACIÓN BIDIMENSIONAL DE LA MIGRACIÓN DE RADIONUCLÍDOS EN EL CENTRO NUCLEAR

J.H. Flores-Ruiz<sup>1</sup>, F. Olguin-Lojero<sup>1</sup>, J. Urrutia-Fucugauchi<sup>2</sup>,  
E. Hernández-Quintero<sup>2</sup>, H.S. Cruz-Galindo<sup>1</sup> y J. Carachure-Bautista<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Instituto de Geofísica, UNAM, CU., México, D.F.

El programa de simulación del tiempo de arribo de la partícula, localización y concentración de la dispersión libre de la masa transportada en un medio heterogéneo en el área de control, se modeló por medio de la trayectoria de partícula. Donde se incluye el factor de retardación y el efecto radiactivo. El proceso de transporte y la curva acumulativa de la concentración del contaminante, son desplegadas dinámicamente sobre la pantalla de simulación. El método es de seguir la partícula, el cual utiliza esquemas de desplazamiento constante el cual es propuesto en este trabajo, siendo más rápido, eficiente y preciso, que el esquema tradicional, el cual usa intervalo de tiempo constante. Este programa es flexible y fácil de modificar para diferentes situaciones específicas de transporte en medios porosos.

Para el caso del Centro Nuclear (CN) que tiene un área de dos kilómetros cuadrados, con una porosidad de 64% y una permeabilidad de 5e-5 promedio estimada a partir de la mecánica de suelos realizada en distintos lugares dentro de las instalaciones del CN. Se modeló con el radionuclido de Radio-226 una pendiente topográfica del 15%, con 50 celdas de tamaño de 40 m con esquemas de diferencias finitas. Resultando que dicho radionuclido migra de la parte más alta topográficamente con un desnivel de 50 metros hasta el sitio de la planta piloto de combustibles en dirección sureste rumbo a la cañada honda. Esta migración ocurre a través de la capa intermedia porosa constituida de material limo-arenoso con grava, a un espesor entre tres y seis metros. La capa superficial es de material altamente compresible y la capa más profunda constituida de roca andesítica.



GEOH.13

### DETECCIÓN DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS POR SENSORES REMOTOS

Vicente Torres-Rodríguez y Gabriel Origel-Gutiérrez  
Instituto de Investigaciones Eléctricas, Temixco, Morelos.

Los diversos escenarios en que puede ocurrir un derrame de hidrocarburos requieren un amplio rango de soluciones por percepción remota. Se presentan aquí pruebas sobre imágenes Landsat TM. En éstas, las regiones del espectro electromagnético de 1.7 y 2.3 micrómetros son las mejores para la detección de bandas de absorción de hidrocarburos; en específico, los valores de radiancia del petróleo derramado son mayores en las bandas correspondientes al infrarrojo medio (5 y 7 del Landsat TM). La firma radiométrica de los hidrocarburos es muy tenue, por eso se aplican técnicas de realce y compuestos de color (RGB). Se elaboran clasificaciones por medio de diferentes algoritmos y se discuten sus resultados para el tipo supervisada y no supervisada.

El objetivo es presentar una contribución del procesamiento digital de imágenes satelitales para detectar derrames en áreas de transición entre suelos y cuerpos de agua. La zona que se analiza corresponde a una área tropical del SE de México con extracción petrolera, manglares y pantanos, en la que se tienen documentados abundantes derrames de hidrocarburos. Para este mismo propósito se usan con mayor frecuencia sensores aerotransportados. Sin embargo, en las operaciones de monitoreo constante, las imágenes de satélite resultan más económicas y en general pueden ofrecer información exacta en la posición geográfica, la extensión del derrame y las áreas de impacto durante fechas específicas. En este aspecto, otros satélites de observación de la Tierra como SPOT y RADARSAT (este último con sensor tipo SAR) podrían ofrecer la resolución temporal, a corto plazo, en la evaluación de la dinámica y durante una crisis ambiental; además mejorarían la resolución espacial.

GEOH.14

### REMEDIACIÓN DE ACUÍFEROS MEDIANTE EL USO DE MICROORGANISMOS QUE DEGRADAN ACETATO DE ETILO E ISOPROPANOL

Eva Sánchez-Ramírez  
Instituto de Geofísica. UNAM. D.F. 04510.

Se realizaron seis experimentos para cada uno de los compuestos orgánicos. El objetivo principal de este estudio fue la cuantificación y la degradación de estos solventes en medio líquido mediante el empleo de microorganismos. La elección del acetato de etilo y el isopropanol para este estudio se debe al amplio uso que tienen en las industrias alimentaria, farmacéutica, cosmética y de pinturas. Se emplearon técnicas cromatográficas para determinar el consumo del sustrato y la producción de  $\text{CO}_2$ . La cuantificación de biomasa requirió el uso de métodos colorimétricos. Los resultados obtenidos permitieron establecer las condiciones óptimas para la mayor degradación de dichos compuestos, así como el efecto del consumo de los mismos en la acidificación del medio. Con esta información se pudo determinar el efecto que tiene en la velocidad de biodegradación la buferización del medio y pudo establecerse el tipo de cultivo más adecuado para eliminar cada compuesto.

GEOH.15

### ESPECIACIÓN DE ARSÉNICO EN MUESTRAS DE SUELO EN LA ZONA DE ZIMAPÁN, HGO.

O. Cruz, A. García y M.A. Armienta  
Depto. Química Analítica, Instituto de Geofísica, UNAM, CU.,  
CP. 04510, D.F., México

La presencia de arsénico en el suelo y su subsecuente incorporación al agua subterránea puede causar problemas de salud cuando la misma se utiliza para consumo humano, ya que este elemento es considerado como carcinógeno. La ingesta de agua contaminada con este elemento por periodos largos es capaz de producir diversos estados patológicos con manifestaciones locales o sistémicas. En Zimapán, Hgo. se han encontrado concentraciones hasta de 1.0 mg/l de As en el agua potable. Una de las fuentes del arsénico es el depósito en el suelo de humos provenientes de las fundidoras que operaron hasta la mitad de este siglo en el área. Sin embargo, el transporte del As depende de la forma química en la que se encuentra en el suelo, es decir de su especiación.

Se realizó un procedimiento analítico en muestras de suelo del área de Zimapán, Hgo. basada en la extracción secuencial selectiva por medio de ataques con soluciones extractantes de diferente composición, se separa el As contenido en cada una de las siguientes formas químicas:

- a) Intercambiable
- b) Enlazado a carbonatos
- c) Ligado a óxidos de Hierro y Manganeseo
- d) Enlazado a materia orgánica y sulfuros
- e) Residual.

El As presente en cada fracción se determina en los lixiviados mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.



GEOL.01

## FALLAS ACTIVAS CERCANAS A LA CIUDAD DE GUADALAJARA, JALISCO,

Odranoel Quintero-Legorreta<sup>1</sup> y Eric Barrier<sup>2</sup><sup>1</sup> Instituto de Geología UNAM Coyoacán México 04510, D.F.<sup>2</sup> Laboratoire de Tectonique Quantitative Université Pierre et Marie Curie. 4 place Jussieu 75230 cedex 05 Francia

Se describe por vez primera fallas normales activas en las proximidades de la Ciudad de Guadalajara. En las cercanías de Guadalajara, occidente de México en la porción occidental de la Faja Volcánica Mexicana existen reportes históricos de dos sismos de magnitud importante que han sido generados en tiempos históricos. Los sismos registrados en esta parte de México corresponden al evento de 1568 conocido como «El Temblor Grande» Antonio de Cuidad Real (1976); (Suárez et al. 1994) y el temblor de 1875 que destruyó a San Cristóbal de la Barranca en 1875, (Iglesias et al. 1877). También se conoce la existencia en el pasado de temblores pequeños a manera de enjambres en la Ciudad de Guadalajara: El más antiguo que se conoce del 25 de marzo a junio de 1806, temblores trepidatorios no muy fuertes del 27 de marzo al 27 de mayo de 1844, el enjambre de varios sismos de magnitud pequeña ( $M < 4.5$ ) sucedidos del 8 de mayo al 16 de septiembre de 1912, (Ordoñez, 1912) y algunos microsismos instrumentales registrados inmediatamente al norte de Guadalajara, (Aguilar 1989). Es probable que todos estos sismos sean de origen tectónico y que se hayan generado en la corteza continental (Iglesias et al. 1877) (Suárez et al. 1994) más bien que en la zona de subducción de la placa de Cocos-Rivera. Lo anterior significa que fallas activas han producido estos sismos y que tales fallas se encuentren en esta región formando parte del marco tectónico-estructural regional. Trabajos de campo permitieron reconocer escarpes de falla normal neoformados en el Graben de Zacoalco que corresponden a los efectos de la activación de fallas normales en el año de 1568 en esta región. Al menos tres fallas del Graben de Zacoalco se activaron para producir este sismo cuya magnitud fue superior a 7 (Suárez et al. 1994): Las fallas de San Marcos, de Atotonilco el Bajo y de Villa Corona son las que con toda probabilidad se activaron en el siglo XVI. La actividad cosísmica en San Cristóbal de la Barranca produjo fracturas en el terreno a lo largo de trazas de falla normales orientadas NE-SW que existen en esta población. Al menos dos de estas fallas se activaron produciendo un sismo cuya magnitud no está bien determinada pero que destruyó por completo esta población en el siglo pasado. En Guadalajara, situada a 50 km al sur de San Cristóbal existe un sistema de fracturas y pequeñas fallas normales orientadas también NE-SW es probable que este conjunto de fallas tenga actividad temporal produciendo enjambres de sismos de pequeña magnitud en épocas distintas. Es claro que el hecho de que estas fallas sean activas representa un riesgo natural importante para la ciudad debido a su cercanía inmediata (35 km del graben de Zacoalco y 50 km de San Cristóbal) y su ubicación en la misma ciudad de Guadalajara. El conocimiento, estudio y vigilancia del comportamiento de estas fallas reduciría de manera importante el riesgo natural de un sismo mayor o de la ocurrencia de enjambres de sismos pequeños.

GEOL.02

## GRÁFICAS DESLIZAMIENTO-RUPTURA: EVALUACIÓN DE LOS CONTROLES EN LA REACTIVACIÓN DE FALLAS

Alaniz-Álvarez, S. A. y Nieto-Samaniego, A. F.

Estación Regional del Centro, Instituto de Geología, UNAM, Apdo. Postal 376, Guanajuato, Gto. México

Se conoce que gran parte de la deformación de la corteza terrestre ocurre por deslizamientos sobre planos de debilidad preexistentes, sin embargo es poco conocido cuales son los factores que más influyen en la reactivación de estructuras anteriores. En la corteza continental es frecuente que un cuerpo de roca que contiene planos de debilidad preexistentes (e. g. fallas, fracturas, contactos litológicos, foliaciones) sea sometido a un campo de esfuerzos. Para calcular el potencial de reactivación de cada plano de debilidad, se compararon los esfuerzos críticos para reactivar el plano y para romper la roca intacta, el mecanismo que necesite menor esfuerzo será el que tenga lugar. Para calcular los esfuerzos críticos se utilizaron las ecuaciones generales de Yin y Ranalli (1992) basadas en los criterios Coulomb-Navier para deslizamiento y fractura, las cuales usan como variables profundidad, presión de fluidos, cohesión del plano de debilidad y de la roca intacta, razón de esfuerzos, un vector de posición, y la orientación del plano de debilidad. Se elaboró un programa de cómputo en el que el usuario fija parámetros de la roca intacta y planos de debilidad y simula las condiciones corticales fijando la presión litostática, presión de fluidos y las orientaciones de los esfuerzos principales. Se calcula las orientaciones de los planos que se reactivarán y se grafican en una red equiareal como polos. La zona que contiene los polos define el dominio de reactivación, y la zona sin polos define el dominio de ruptura.

Utilizando este método es fácil visualizar que las condiciones que inhiben la reactivación son: mayor profundidad, mayor cohesión, mayor coeficiente de fricción en el plano de debilidad y menor presión de fluidos. En un régimen de fallamiento normal la reactivación es favorecida por el aumento de la presión de fluidos y la disminución de la profundidad, mientras que en un régimen de fallamiento inverso estos factores tienen menor influencia. En los tres regímenes, cuando la magnitud  $\sigma_2$  es el promedio de  $\sigma_1$  y  $\sigma_3$ , los planos aproximadamente paralelos a  $\sigma_3$  son los que ofrecen mayor resistencia a la reactivación. En general, el régimen de fallamiento más propicio para la reactivación es el de tipo normal, seguido por el de desplazamiento lateral, el menos propicio es el de fallamiento inverso.

GEOL.03

## ESTIMACIÓN DEL ELIPSOIDE DE DEFORMACIÓN PARA EL FALLAMIENTO CENOZOICO EN LA SIERRA DE SAN MIGUELITO, S. L. P.

Ángel F. Nieto-Samaniego<sup>1</sup>, Susana A. Alaniz-Álvarez<sup>1</sup>, y Guillermo Labarthe-Hernández<sup>2</sup><sup>1</sup>ERCE, Instituto de Geología, UNAM, A.P. 376, Guanajuato, Gto., 36000<sup>2</sup>Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Dr. Manuel Nava 5, Zona Universitaria, 78240 San Luis Potosí, S. L. P.



En la parte sur de la Mesa Central hay numerosas estructuras que forman un mosaico romboédrico de fosas y pilares tectónicos, revelando la extensión tridimensional a la que fue sometida durante el Terciario. Una compilación de las fallas cartografiadas a escalas 1:20000 y 1:50000 muestra cinco sistemas estructurales mayores, tres fosas o semifosas con direcciones N y NNE y dos sistemas transversales de fallas con dirección NW. La Sierra de San Miguelito (SSM) se ubica sobre la intersección de dos de los sistemas estructurales mencionados: el Graben de Villa de Reyes y el Sistema San Luis de la Paz - Salinas de Hidalgo. Los datos estratigráficos indican que la mayor parte de la deformación ocurrió en ambos sistemas entre 30 y 27 Ma, con fases de rejuvenecimiento posteriores de magnitud menor. El fallamiento produjo desplazamientos de tipo normal (dip-slip), por lo que la deformación acumulada de todas las fallas fue tridimensional. Los patrones ortogonales permiten asumir una simetría ortorrómbica del sistema de fallas, por lo que se utilizaron el "slip model" propuesto por Reches (1982) y el "odd axis model" propuesto por Krantz (1989) para calcular las direcciones y magnitudes relativas de las elongaciones principales de la elipse de deformación. Los resultados obtenidos son:  $\epsilon_1 \approx E-W$ ,  $\epsilon_2 \approx N-S$  y  $\epsilon_3 \approx \text{vertical}$ , y la razón de elongación  $\kappa = \epsilon_2/\epsilon_1 = 0.45$  como promedio. Se consideró el alargamiento positivo y que  $\epsilon_1 > \epsilon_2 > \epsilon_3$ . Se elaboraron secciones transversales al sistema de fallas San Luis de la Paz-Salinas de Hidalgo dentro de la Sierra de San Miguelito y se determinó una elongación promedio de  $\epsilon = 0.18$  sobre la dirección  $050^\circ$ . A partir de este dato se estimaron las magnitudes de las elongaciones principales siendo éstas  $\epsilon_1 = 0.47$ ,  $\epsilon_2 = 0.21$  y  $\epsilon_3 = -0.44$ .

La dirección estimada de  $\epsilon_1$  es perpendicular a la dirección propuesta para la cresta oceánica del pacífico oriental en el Oligoceno Tardío lo que hace suponer que la extensión fue paralela a la dirección de convergencia durante ese tiempo. Por otra parte, utilizando un espesor actual de la corteza de  $\approx 32$  km, se calculó un espesor original pre-extensión terciaria de  $\approx 57$  km, asumiendo que en toda la corteza la extensión fue homogénea aunque anisotrópica.

GEOL. 04

### DETERMINACIÓN DE DOMINIOS DE FRACTURA Y REACTIVACIÓN: APLICACIÓN A LA ZONA DE CIZALLA DE OAXACA

Susana A. Alaniz-Álvarez y Ángel F. Nieto-Samaniego  
ERCE, Instituto de Geología, UNAM, A.P. 376, Guanajuato,  
Gto., 36000

Se establece un nuevo método con representación estereográfica para la identificación de dominios de fractura y reactivación. Se utilizan las ecuaciones desarrolladas por Yin y Ranalli (1992, *Jour. Struc. Geol.* 14, 237-244), las cuales introducen parámetros del medio (razón de esfuerzos, presión de fluidos y presión confinante) a la Ecuación de Coulomb, con las cuales se describe la fractura y el deslizamiento en la corteza superior. Bajo un sistema de esfuerzos determinado, se compara la diferencia de esfuerzos necesaria para fracturar una roca intacta con la necesaria para deslizar un plano de debilidad preexistente, obviamente actuará el mecanismo que necesite menor diferencia de esfuerzos. Se realizó este cálculo para determinar la viabilidad de deslizamiento para 10,000 orientaciones distintas de planos en sistemas de esfuerzo tipo Anderson. La representación gráfica de

los dominios de fractura y reactivación se hace utilizando las direcciones principales de esfuerzo y los cosenos directores de la normal al plano como ejes en la red (extensión: vertical= $N_1=s_1$ , Norte= $N_2=s_2$ , Este= $N_3=s_3$ ; compresión: vertical= $N_3=s_3$ , Norte= $N_2=s_2$ , Este= $N_1=s_1$ ; transcurrencia: vertical= $N_2=s_2$ , Norte= $N_3=s_3$ , Este= $N_1=s_1$ ). El análisis se realizó variando la profundidad, la presión de fluidos, la cohesión y la razón de esfuerzos.

El frente occidental de la Sierra de Juárez, en el sur de México está ocupado por la zona de cizalla de Oaxaca, la cual tuvo varias fases de desplazamiento. En este trabajo se analiza la deformación producida sobre esta zona de cizalla durante tres eventos orogénicos: (1) la apertura del Golfo de México (fase transcuriente y distensiva), (2) la Orogenia Laramídica (fase compresiva) y (3) la extensión Cenozoica. Las rocas y estructuras formadas en esta región registran deformación tanto dúctil (milónitas) como frágil (fallas). El estudio de seis secciones W-E en el frente occidental de la Sierra de Juárez revela lo siguiente:

En el sector sur, de la ciudad de Oaxaca hasta Cuicatlán, las rocas miloníticas se deformaron en el Jurásico Medio al reactivarse la zona de cizalla como falla de desplazamiento lateral. Entre el Jurásico Medio y el Cretácico Temprano esta zona de cizalla se reactivó como falla de tipo normal. Durante la Orogenia Laramídica la cobertura sedimentaria se deslizó sobre el cinturón milonítico. Durante el Cenozoico una falla de tipo normal de bajo ángulo (Falla de Oaxaca) reactivó el contacto entre el cinturón milonítico y las rocas del terreno Zapoteco.

En el sector medio, cerca de Teotitlán del Camino, la Falla de Oaxaca pone en contacto el conglomerado rojo de Cuicatlán con rocas gneísicas, presumiblemente pertenecientes al basamento del terreno Zapoteco. El contacto de los gneises con los sedimentos mesozoicos es por una falla vertical de desplazamiento izquierdo.

En el sector norte, desde San José Tilapa hasta Coxcatlán (Puebla), se observó una franja milonítica de más de 5 km de espesor que varía gradualmente, hacia el poniente a rocas gneísicas probablemente pertenecientes al basamento precámbrico del terreno Zapoteco, y al oriente a sedimentos marinos mesozoicos. No obstante que el estudio geológico en este sector es preliminar, nuestras observaciones son consistentes con un cabalgamiento laramídico del basamento sobre los sedimentos mesozoicos. La Falla de Oaxaca está cubierta por sedimentos terciarios aluviales.

Utilizando el modelo de representación estereográfica de los dominios de ruptura y reactivación se determinó la viabilidad mecánica de nuestras observaciones. Dado que conocemos la orientación de los planos preexistentes de debilidad (foliación, contactos litológicos y fallas), la orientación aproximada del sistema de esfuerzos para cada fase de deformación y usando como variables la profundidad, presión de fluidos y cohesión, podemos caracterizar cuantitativamente el comportamiento mecánico frágil de la deformación en la zona de cizalla de Oaxaca.



GEOL.05

### APLICACIÓN DE UN MÉTODO DE CLASIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL, MÉXICO

Pedraza-Rodríguez, U.M. y Chapa-Guerrero, J. R.  
Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de  
Nuevo León, Km. 8 Carret. Linares-Cerro Prieto, Linares, CP.  
67700, Nuevo León, México

El estudio de los movimientos en masa ha desarrollado durante mucho tiempo, diferentes tipos de clasificaciones acordes a un sinnúmero de parámetros y puntos de vista del investigador. Recientemente, investigadores italianos han reportado una clasificación morfológica de tres categorías, como una herramienta mas en la interpretación y comprensión de estos fenómenos. Su método se centra en las características de movilidad en razón del volumen de la masa deslizada y su desplazamiento. En la Sierra Madre Oriental, region Noreste de México, se han estudiado en la última década, pocos movimientos en masa de magnitud entre los  $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ . En el presente estudio se pretende aplicar la clasificación y metodología de los italianos, cuyo objetivo principal se centra en la predicción de la distancia de desplazamiento de futuros movimientos en masa, principalmente en las areas urbanas. Esto es con el objeto de delimitar los riesgos geológicos implícitos en estos fenómenos.

GEOL.06

### SISTEMAS INTERACTUANTES DE FALLAS: EJEMPLOS DE CAMPO Y ANÁLISIS CINEMÁTICO

Ángel F. Nieto-Samaniego y Susana A. Alaniz-Álvarez  
ERCE, Instituto de Geología, UNAM, A.P. 376, Guanajuato,  
Gto., 36000

Definimos un sistema interactuante de fallas como dos planos de falla donde uno corta y desplaza al segundo y el esfuerzo de cizalla crítico para producir deslizamiento sobre el plano que desplaza ( $t_c$ ) es mayor que el del plano desplazado. Este sistema producirá movimiento simultáneo de los tres bloques limitados por las fallas, produciendo tres vectores de deslizamiento: uno paralelo a la intersección de los dos planos de falla ( ${}_1\vec{S}$ ) que actuará sobre el plano desplazado, uno independiente del sistema interactuante que se está considerando ( ${}_2\vec{S}$ ), que actuará sobre un sector del plano que desplaza, y el tercero será la suma de los otros dos vectores de deslizamiento ( ${}_3\vec{S} = {}_1\vec{S} + {}_2\vec{S}$ ) y actuará sobre otro sector del plano que desplaza. El vector de deslizamiento  ${}_2\vec{S}$  será determinado por un segundo sistema interactuante si es que existe, si no, estará determinado por la solución del tensor de esfuerzos sobre el plano que desplaza. La magnitud del esfuerzo de cizalla crítico necesario para activar el sistema estará definido por la ecuación de Coulomb sobre el plano que desplaza y en la dirección ( ${}_3\vec{S}$ ).

Ejemplos de campo de estos sistemas muestran muy buen ajuste con las direcciones de deslizamiento predichas por el modelo cinemático. Los ejemplos fueron observados en rocas metamórficas

de edad precámbrica, fuertemente anisotrópicas y con varios grupos de planos de debilidad preexistentes. También se los observó en ignimbritas terciarias piroconsolidadas, relativamente homogéneas y con pocos planos de debilidad preexistentes. Los casos estudiados abarcan escalas de centímetros a decenas de metros, en estas escalas los bloques involucrados pueden considerarse cuerpos rígidos. Durante los eventos aislados de deslizamiento ocurridos en fallas de escalas mayores, la interacción cinemática tiene lugar de la manera descrita solamente a lo largo de las intersecciones y no actuará hacia las partes centrales de los planos de falla. Sin embargo, nosotros proponemos que la deformación acumulada sí registrará los vectores de deslizamiento del modelo, ya que conforme se acumule deslizamiento en las intersecciones éste influirá paulatinamente en el estado de esfuerzos que actúa sobre las partes centrales del plano de falla desviando los vectores de deslizamiento.

GEOL.07

### ESTUDIO ESTRUCTURAL Y MACROSÍSMICO DEL SEGMENTO DE FALLA E-W MORELIA PÁTZCUARO, MICHOACÁN, MÉXICO

Israde Alcantara y Victor Hugo Garduño  
UMSNH-IIM, Depto. de Geología y Mineralogía, Edif. U CU.,  
Morelia, Mich.

Las Ciudades de Morelia y Pátzcuaro fueron escenario de uno de los terremotos más violentos que ha sacudido el altiplano Mexicano, la fecha de este evento fue el 19 de junio de 1858. La magnitud de este sismo ha sido considerada de IX en la escala de Mercalli y su epicentro se consideró entre Morelia y Pátzcuaro, por lo que ambos lugares fueron severamente dañados, la población aproximada para ese periodo fue de 23,643 habitantes, hoy en día ambas poblaciones registran más de 1 millón de habitantes.

A través de un estudio estructural y microtectónico logramos definir las fases principales de deformación que afectan a las rocas del Mioceno superior y a los aparatos volcánicos con actividad histórica. El Cerro Quinceo y el Cerro El Águila, volcanes tipo escudo con lavas históricas, se encuentra fallado por estructuras E-W con desniveles de más de 20 m. Morfológicamente se pueden observar facetas triangulares en las rocas miocénicas de la Sierra de Mil Cumbres; dentro de la ciudad de Morelia el escalón de estas fallas llega a superar los 200 m, en dicho escalón se pueden observar varios deslizamientos en masa que están afectando varias zonas residenciales de dicha ciudad.

En la ciudad de Pátzcuaro durante el sismo de 1858 aumento el nivel del lago fenómeno que pudo estar ligado a pequeños "tsunamis", de compresión de los sedimentos lacustres y a deslizamientos en masa de los aparatos volcánicos localizados en las márgenes del lago. Estudios recientes han evidenciado que existen sedimentos lacustres levantados más de 20 m de su nivel actual, mezclados con sedimentos volcánicos, rotos y masivos, aspecto que nos hace pensar en verdaderas sismitas, producto de la actividad tectónica de las fallas E-W. Por tal motivo consideramos que la sedimentación del lago de Pátzcuaro ha estado controlada por fenómenos tectónicos activos, y no sólo por la actividad del hombre o del clima.



GEOL.08

# **RESULTADOS PRELIMINARES DEL ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO Y SEDIMENTOLÓGICO DE LA FORMACIÓN LA CASITA EN EL CAÑÓN EL CHORRO, AL SURESTE DE SALTILLO, COAHUILA**

Olivia Rodríguez-Martínez<sup>1</sup>, J. Guadalupe López-Oliva<sup>1</sup> y  
Wolfgang Stinnesbeck<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Geologisches Institut der Universität, Alemania

Al Sureste de Saltillo, Coah. la Formación La Casita aflora en el núcleo de un anticlinal erosionado, ubicado en la porción Norte de la curvatura de Monterrey, área conocida como Cañón El Chorro. En esta zona, la Formación La Casita muestra el período de mayor influencia clástica en el Noreste de México. Su litología terrígena indica que la deposición de esta unidad tomó lugar en la porción sureste de la Paleopenínsula de Coahuila, porción de tierra emergida durante el Jurásico Superior, la cual suministró los sedimentos clásticos que constituyen esta unidad litológica. La deposición de la Formación La Casita está relacionada a la etapa progradacional de un complejo deltáico que se desarrolló en la margen sureste de la Paleopenínsula de Coahuila.

Variaciones verticales extremadamente rápidas caracterizan la litología de la Formación La Casita en el área de estudio. En base a los estudios realizados esta formación se puede dividir en dos unidades: 1) la unidad basal, caracterizada por areniscas y conglomerados, depositados durante el período de máximo avance del complejo deltáico hacia el mar. 2) La unidad superior de areniscas de grano fino, con delgadas capas de calizas y lutitas calcáreas. El material calcáreo es más abundante hacia la cima de la unidad, mostrando un contacto gradual con la Formación Tarieses que sobreyace a la Formación La Casita. Este material calcáreo indica la disminución en el aporte de sedimentos terrígenos de grano grueso durante el Cretácico Inferior.

GEOL.09

## **DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA EL PALADAR, COSTA SW DE LA ISLA ANGEL DE LA GUARDA, GOLFO DE CALIFORNIA**

Felipe de J. Escalona-Alcázar y Luis A. Delgado-Argote  
Depto. de Geología, CICESE, Ensenada, Baja California  
E-mail: escalona@cicese.mx

La isla Angel de la Guarda, en la región de las Grandes Islas del Golfo de California, no ha sido estudiada geológicamente en detalle. En la costa SW de la isla, la zona El Paladar es un sitio donde aflora una parte importante de la secuencia volcánica. Aunque la base de la secuencia no aflora, se infiere por el contenido de líticos en las rocas piroclásticas y sedimentarias, que éste está formado por granito y rocas metamórficas del Cretácico y Paleozoico, respectivamente. La secuencia estratigráfica cartografiada es la siguiente: En la base está una toba de caída libre, denominada Toba Blanca, en estratos de 1 a 10 cm de espesor con gradación normal, huellas incipientes de estratificación cruzada y alternancia rítmica de horizontes líticos, pumcíticos y de ceniza. Le sigue un Horizonte de Areniscas Rojas, el cual presenta

constituyentes de grano fino a medio, subangulares, está de moderada a bien consolidada y contiene cantidades variables de matriz. En sitios cercanos a domos dacíticos llega a rellenar fracturas y fallas en forma diques, principalmente en una unidad denominada Derrame de Lava Superior (andesítica) y otros depósitos piroclásticos sobreyacentes. La toba y arenisca están localmente atravesados por diques asociados con los domos de dacita, cuyo zona de contacto se caracteriza por la mezcla mecánica. Una parte importante de estas zonas son particularmente ricas en esferulitas, lo que indica su emplazamiento en un ambiente saturado en agua. A los domos se les asocian derrames de corta extensión. La unidad definida como Derrame de Lava Superior se encuentra ampliamente distribuida en la zona sin definirse claramente su fuente o edificio volcánico. La zona probable de emisión se infiere que se localiza en una amplia zona de oxidación cerca de la cual aparecen también algunos diques de arenisca. En la cima de la secuencia se definió una unidad de Toba Rosa que se define en estratos de 40 a 60 cm de espesor y muestra cantidades variables de pómez y fragmentos líticos; su contacto es gradual con las areniscas infrayacentes y está localmente cortada por canales rellenos con depósitos tipo lahar. Las unidades de derrame se repiten en diferentes niveles estratigráficos y se encuentran intercaladas con depósitos piroclásticos. De la interpretación de depósitos y derrames proximales y sedimentos marinos, inferimos que el paleoambiente corresponde al de un arco magmático con cuencas interiores. Se interpreta que diferentes facies de esta secuencia fueron depositadas en un ambiente lagunar somero de baja energía.

GEOL.10

## **ESTRATIGRAFIA VOLCANOSSEDIMENTARIA DEL NEOGENO EN LA REGION DE PUNTA BUFEO-EL HUERFANITO. PARTE CENTRO ORIENTAL DE BAJA CALIFORNIA**

Rubén Estrada-Flores y Arturo Martín-Barajas  
Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE,  
Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C.  
E-mail: restrada@cicese.mx

El extremo Sur de la Provincia Volcánica de Puertecitos (PVP) del Neogeno comprende la región entre El Huerfanito y Punta Bufo en la costa central de Baja California. En esa región, la estratigrafía de la secuencia volcanosedimentaria incluye tres grupos de rocas volcánicas que sobreyacen discordantemente a un basamento granítico-metamórfico y arcosas derivados de éste. El Grupo 1 en la base consiste en flujos de lava dacítico-andesítica, flujos piroclásticos, flujos de detritos, cuellos volcánicos y conos cineríticos. Estos depósitos están asociados a estratovolcanes del Mioceno Temprano (>16 Ma), y se caracterizan petrográficamente por contener hornblenda como mineral accesorio dominante. Los Grupos 2 y 3 son flujos de cenizas de poco espesor pero de extensión regional. Hacia el sur, las tobas de los Grupos 2 y 3 contienen depósitos aluviales interestratificados. El Grupo 2 en esta región incluye únicamente dos tobas que se caracterizan por un alto contenido de cristales (20%). Estas tobas alcanzan hasta 16 m de espesor (mínimo 1.0m) y se han correlacionado con la secuencia de Tobas El Canelo (~6 Ma) cuya fuente se ubica en el norte de la PVP. Localmente, estas tobas sobreyacen a domos riolíticos y a flujos de lava andesítica también del Grupo 2. El Grupo 3 es una secuencia de tobas que alcanza más de 170 m en



la costa central de la PVP, en donde fueron fechadas en ~3 Ma. La asociación de ortopiroxeno, clinopiroxeno y plagioclasa es distintiva de los flujos piroclásticos y lavas andesítica y riolítica de los Grupos 2 y 3. Hacia el Sur las tobas presentan depósitos aluviales interestratificados. Dos unidades de tobas pumicíticas distintivas permiten realizar las correlaciones estratigráficas de las unidades del Grupo 3 que hacia la cima incluye flujos de fragmentos aglutinados andesítico-basálticos de extensión local en la franja costera, posiblemente asociados a Volcán Prieto. Con base en el mapa de isopacas de las tobas del Plioceno, se concluye que su fuente se hubica en la parte sur-central de la PVP al Este del litoral moderno. Nuestros resultados permiten definir la geometría de los depósitos volcánicos asociados al Rift en esta porción del Golfo.

GEOL.11

### MODELO DE EVOLUCIÓN DE LA CUENCA LAGUNA SALADA, NE DE BAJA CALIFORNIA

Arturo Martín-Barajas y Sergio Vázquez-Hernández  
 Depto. de Geología, CICESE, AP. 2732, Ensenada, B.C. Mexico

La Cuenca Laguna Salada es un rasgo prominente (>150 km de largo, 30 km de ancho) de la Provincia Extensional del Golfo en el norte de Baja California. Una secuencia estratigráfica del Plioceno al Holoceno expuesta en el borde oriental de la cuenca registra la evolución de los ambientes de depósito causados por la progradación del delta del Río Colorado y por la actividad de dos fallas principales. La secuencia incluye tres unidades formacionales. En la base la Fm Imperial son depósitos lodosos de plataforma externatalud, que evolucionan hacia ambiente intermareal, que representan al prodelta en el Plioceno. La Fm Palm Spring sobreyace a los depósitos marinos y está formada de arenas y limos que corresponden a barras y lagunas del complejo deltáico emergido por la progradación del delta. Estas dos unidades se extienden al norte en el Valle Imperial, California, donde se ubican sus localidades tipo. El fanglomerado Cañón Rojo es de fuente local y sobreyace a los depósitos deltáicos. El fanglomerado está directamente asociado al inicio de la actividad de la falla dextral Laguna Salada que bordea la sierra Cucapá al oeste y constituye el límite occidental del sistema San Andrés. Anterior al inicio de este sistema dextral el depocentro de la cuenca fue posiblemente controlado por la falla de bajo ángulo de Cañada David. La estratigrafía de la secuencia indica deformación sinsedimentaria por extensión durante todo el Plioceno y la sobreposición temporal de la actividad de la falla Cañada David y de la falla Laguna Salada, esta última aún activa. Un modelo de medio graben con vergencia al NW explicaría la deformación en el Plioceno. En el Pleistoceno el movimiento oblicuo de la falla dextral Laguna Salada representa el relevo del movimiento de la falla de bajo ángulo y el predominio del sistema transtensivo moderno que desplazó el depocentro de los abanicos aluviales hacia el NW de la cuenca.

GEOL.12

### DEFINITION AND CORRELATION OF THE TUFF OF SAN FELIPE, NE BAJA CALIFORNIA

Joann M. Stock<sup>1</sup>, Elizabeth A. Nagy<sup>1</sup> y Claudia J. Lewis<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Caltech 252-21, Pasadena CA 91125 USA

<sup>2</sup> Los Alamos National Laboratory, EES-1, MS D-462, Los Alamos NM 87545 USA

From detailed mapping in the region of the southern Sierra San Pedro Martir, the Sierra de San Felipe, the Sierra San Fermin, and the Sierra Santa Isabel, we propose the correlation of a widespread, densely welded pyroclastic flow deposit which we name the Tuff of San Felipe (Tmsf). This tuff was erupted from a vent E of the Sierra San Felipe at about 12.5 Ma. It contains Kspar, plagioclase, augite, and trace quantities of diopside, hypersthene, hornblende, quartz, and magnetite. Densely welded Tmsf is >40 m thick in some outcrops up to 40 km SW of the vent and >10 m thick at least 25 km NNW of the vent. Mapped thicknesses are 60-80 m nearer to the vent but strongly vary with pre-eruptive topography.

Tmsf is the only widespread tuff of this age in the region, and thus is an important marker horizon for structural reconstruction of this part of the Gulf Extensional Province. It overlies basement rocks, conglomerates, basalt, or rocks of the middle Miocene volcanic arc. Although Tmsf was deposited on topography with considerable erosional relief, relations with underlying units suggest that the extension in this area began after Tmsf deposition. Variability in tilt and large changes in elevation of Tmsf deposits are attributed to post-12.5 Ma tilting and faulting.

Tmsf was formerly labeled Tmrl in the Santa Rosa Basin where it had yielded a K-Ar age of 14.2±0.9 Ma. It was labeled Tmrl by Stock (Geofis. Int., 1989) and by Lewis (Geofis. Int., 1996). Recent 40Ar/39Ar dates of 12.53±0.15 Ma on Tmsf Kspar from the Santa Rosa Basin, 23 km NNW of the vent region, and 12.4±0.2 Ma on Tmsf Kspar from the Sierra Santa Isabel, 40 km SW of the vent region, suggest that the tuff is about 12.5 Ma in age. These disagree with our previous determinations of an ~11 Ma age. In the Sierra San Fermin and southern Sierra San Felipe, where we have done paleomagnetic studies of Tmsf, it has a distinctive, low-inclination, reversed magnetization direction (Lewis and Stock, JGR in press), which may record a geomagnetic excursion within reversed polarity subchron C5Ar.1r.

GEOL.13

### LOS AGUSTINOS VOLCANIC COMPLEX (GUANAJUATO), A CALDERA, IGNIMBRITES, RHYOLITIC DOME COMPLEXES, AND SHIELD VOLCANOS

Gerardo J. Aguirre-Díaz

Estación Regional del Centro, Instituto de Geología, UNAM.

E-mail: gjad@servidor.unam.mx

Los Agustinos Volcanic Complex (LAVC) lies within 20°08'-20°30' lat N and 100°32'-100°48' long W, in the southwestern portion of the Guanajuato state. It is one of several large silicic-andesitic complexes in the central sector of the Mexican Volcanic Belt (MVB), such as Sierra Puruagua, Sierra Coroneo, and Sierra



Vaquerías-Los Cues, all Mio-Pliocene, and older than the  $4.68 \pm 0.10$  Ma stratigraphic marker of Amealco Tuff. LAVC marks the northeastern limit of the Michoacán-Guanajuato Volcanic Field (MGVF) and the eastern limit of El Bajío depression. A contrast in morphology is also evident; to the west of LAVC lies El Bajío depression (north) and the hilly morphology of the MGVF (south), whereas at LAVC the terrain has a rough morphology, mainly produced by both closely spaced ENE normal faulting and high-standing lava domes or high aspect ratio rhyolite flows. Just east of the LAVC are the westernmost manifestations of the NW-oriented Taxco-San Miguel de Allende fault system, that have been associated to a major crustal discontinuity across the MVB (Molina and Urrutia, 1994), and widespread ignimbrite plateaus related to the Amealco and Huichapan calderas.

The LAVC includes a 6 km in diameter summit caldera in its central-southern portion named Los Agustinos caldera. The caldera is evident by the arcuate alignment of vents from which andesite lavas and silicic minor ignimbrite-forming-pyroclastic flows were erupted. These eruptions formed the rim of the caldera. These vents lie around a high-standing dacite lava dome, the highest peak of LAVC (3,110 masl), representing the central lava dome of the caldera. Two major ignimbrites were derived from this caldera, named Tecolotas ignimbrite (the type locality is along the Tecolotas stream) and San Pablo ignimbrite (the type locality is at San Pablo village). The former one is intermediate in composition, dark, lithics-rich and with abundant black pumice and fiamme; the second one directly overlies Tecolotas ignimbrite and is felsic and light-colored with sparse white pumice lumps. San Pablo ignimbrite extends from the southeastern LAVC (Ojo de Agua, Jerécuaro) to the east about 10 km, near Petemoro (Guanajuato), where it is buried by 4.6 Ma Amealco Tuff. A sample of San Pablo ignimbrite at this site yielded a K-Ar age of  $4.70 \pm 0.19$  Ma ( $20^{\circ}10'33''\text{N}$ ,  $100^{\circ}27'54''\text{W}$ ).

Older units than Tecolotas-San Pablo ignimbrites are porphyritic andesite lavas exposed in the southern flank of the LAVC that constitute elongated faulted ranges oriented E-W (el Sauz Andesite), but also affected by an older NS system, and hypabissal granodiorite-granite small bodies at Piedras de Amolar. Younger units than San Pablo ignimbrite within the southern LAVC include, from oldest to youngest, several andesite lava flows that occur interlayered with minor felsic ignimbrites (caldera rim volcanism); scattered remanents of scoria cones most of which have associated intermediate-mafic lava flows, and large obsidian domes. The northern part of the LAVC is mainly formed by a large exogenous dome from which several high-aspect ratio, columnar jointed rhyolite lava flows (each flow unit 20-30 m thick) and pumice fall deposits were erupted (Apasco Rhyolite); a mesa-shaped andesite low dome, and four shield mafic volcanoes, the largest with a base of about 9 km, which erupted several olivine-rich mafic lavas with a widespread distribution, and that may be Pliocene as the oldest ones of the neighbouring MGVF (Ban et al., 1992).

GEOL.14

## CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LA PORCIÓN SUR DE LA SIERRA DE GUANAJUATO

L. Mariano Cerca-Martínez<sup>1</sup> y Gerardo J. Aguirre-Díaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. Geología, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, C.P. 22860, Ensenada, B.C.

<sup>2</sup> Instituto de Geología, UNAM, ERCE, Guanajuato, Gto. 36000

Se llevó a cabo la cartografía geológica 1:50,000 y levantamiento estratigráfico de la porción sureste de la Sierra de Guanajuato. Las rocas del basamento en la región incluyen pizarras, filitas, cuarcitas y mármol cuyo protolito son lutitas y calizas marinas de edad Triásico-Jurásico; esta secuencia se correlaciona con la Fm. Esperanza en el distrito minero de Guanajuato. Sobre la Fm. Esperanza, en contacto erosivo, aflora el Conglomerado Rojo de origen continental y de edad Eoceno Medio a Oligoceno Temprano. Cubriendo al Conglomerado Rojo se encuentran dos paquetes volcánicos bien diferenciados, Sierra Madre Occidental (SMO) y Cinturón Volcánico Mexicano (CVM). El paquete de la SMO incluye la Fm. Losero, una toba con cuarzo, feldespato y abundante material vítreo. Sobre la Fm. Losero yace la riolita La Bufa, de textura fanerítica a porfírica en una matriz desvitrificada y fenocristales de cuarzo, fragmentos líticos y pómez colapsada. Los derrames de lava andesítica, fracturada e intemperizada de la Fm. Cedros sobreyacen al conglomerado Calderones y subyacen a la Fm. Chichindaro de  $30.1 \pm 0.8$  Ma (edad K-Ar en sanidino de Nieto-Samaniego y otros, 1996, *en prensa*), compuesta por domos riolíticos estratificados y tobas. Se reconocieron dos unidades de ignimbritas del Oligoceno Tardío, correlacionables a la Ignimbrita Cañada La Virgen y San Nicolás de 28 y 24 Ma respectivamente (Nieto-Samaniego y otros, 1996, *en prensa*). Afloran al sur de Xoconostle el Grande y la ignimbrita San Nicolás se encuentra interdigitada con un depósitos lacustres, conocidos como Conglomerado Xoconostle. Cubriendo a las ignimbritas en contacto erosivo afloran derrames de basalto y andesita del paquete del CVM, fechadas por K-Ar entre 10 y 14 Ma (Ramos-Salinas, 1994). Entre las ignimbritas y los basaltos se encuentran localmente derrames y tobas riolíticas de edad Mioceno Superior. Las rocas volcánicas del Cuaternario son lavas y escoria de composición basáltica, formando conos cineríticos, que en la parte este (Subestación Soria) y oeste (Cerro Blanco) yacen sobre depósitos aluviales. La secuencia volcánica expuesta registra la evolución de los arcos magmáticos de la SMO y CVM y el hiatus existente entre ellos.

GEOL.15

## EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO DE LADERAS EN SALSIPUEDES-CÍBOLA DEL MAR, ENSENADA, B.C.

Manuel Cruz-Castillo y Luis A. Delgado-Argote

Depto. Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, B.C.

Entre los kilómetros 94-99 de la carretera escénica Tijuana-Ensenada paralela a la costa del Pacífico se observan 6 deslizamientos rotacionales antiguos con cabeceras que miden entre 300-1000 m. A raíz de la construcción de la autopista en los años 60 se generaron deslizamientos dentro y fuera de los deslizamientos



antiguos. Los nuevos movimientos de roca se clasifican en: deslizamientos rotacionales (los más importantes), bloques caídos, flujos de escombros, y deslizamiento de terraplenes.

El basamento de la zona está formado por rocas volcanosedimentarias de la Fm. Alisitos del Aptiano-Albiano que afloran hacia el oriente del área. Le sobreyacen rocas sedimentarias de la Fm. Rosario formada por tres miembros: a) areniscas de grano medio, con concreciones e intercaladas con lutitas, b) limolita y lutitas con horizontes delgados de arenisca litificada y c) conglomerado polimíctico con areniscas y lodolitas, todos de edad Campaniano-Maastrichtiano. El miembro La Misión de la Fm. Rosarito Beach, del Mioceno medio, corona la secuencia del Cretácico; es una delgada capa de tobas (de 0.1-2 m) que infrayace a una serie de derrames y brechas de basalto. El fallamiento en la zona es principalmente de tipo normal orientado E-W. Las mesetas de basaltos rodeadas con fuertes pendientes definen la morfología, mientras que los lomeríos dominan la parte central y SE de la zona. El área se localiza en una zona tectónicamente activa, está rodeada por fallamiento regional, relacionado con el sistema transcurriente San Andrés, que genera sismos hasta de  $M=6$ , tanto en el Pacífico como en el interior de la península.

El desprendimiento de bloques y el flujo de escombros ocurren en las pendientes altas asociadas a los basaltos, mientras que los deslizamientos rotacionales se asocian a: 1) la presencia del miembro inferior y medio de la Fm. Rosario, 2) la zona de alta densidad de fallamiento, 3) pendientes mayores a  $10^\circ$ . Se presentan en la zona de la costa y en los cauces de los grandes arroyos y muestran un ligero incremento en la razón de desplazamiento durante la época de lluvias. La estratificación en favor de la pendiente frecuentemente favorece los deslizamientos. A lo largo del año todos los deslizamientos se mueven hacia el mar con un promedio en la componente vertical de 1.5 cm/mes.

El desarrollo urbano "Villa San Miguel" se encuentra en la cabecera del deslizamiento rotacional más activo de la zona, en el km 98, que daña constantemente a la carretera como a la Villa de San Miguel.

GEOL.16

#### **ESTUDIO DE AMENAZAS GEOLÓGICAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA (PROYECTO CUCEI/PROG02/94-32: EN DESARROLLO)**

P.F. Zárate-del Valle y J. Rosas-Elguera  
Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad de Guadalajara,  
CUCEI. AP. 4-021, 44410, Guadalajara, Jal. México

La zona metropolitana de Guadalajara (la segunda mas poblada de México) se ubica en el extremo occidental de la Faja Volcánica Transmexicana. Los límites tectónicos de esta zona son: al noreste el (RGS) Río Grande de Santiago (NW-SE), al sur el rift Chapala (E-W) y al suroeste el rift Tepic-Chapala (NW-SE). Las amenazas geológicas que se analizan son: 1) SÍSMICA (sobretudo la del RGS, tramo N-NE), 2) por EROSIÓN y 3) por HUNDIMIENTO.

De acuerdo con la actividad detectada por la red sismológica de la Comisión Federal de Electricidad (Delgado, 1995), la magnitud de los sismos cuyo epicentro se localiza en el RGS es, en general, menor que 3. Sin embargo, se tienen registrados tres macrosismos

históricos cuyas magnitudes son mayores que 3: 1875: 7.8; 1878: 6.5 y 1912: 6.0. Lo anterior fundamenta el interés por estudiar esta amenaza.

El subsuelo de Guadalajara esta formado esencialmente por dos unidades: el basamento, constituido por las rocas pre-Caldera La Primavera (riolitas, basaltos, ignimbritas) y la cubierta no consolidada generada por la Caldera La Primavera, de composición pumítica, cuyo grosor varía de oriente a poniente como sigue: hasta el río San Juan de Dios (N-S) oscila entre 0 y 20 m; de aquí hasta Av. Patria (N-S) varía entre 20 y 50 m y de aquí hasta la Sierra La Primavera puede alcanzar mas de 100 m de grosor. La erodabilidad alta y la no-consolidación que caracterizan a esta roca piroclástica, localmente denominada "jal", han permitido que la actividad hídrica (escurrimiento pluvial, fugas municipales, etc.) desarrolle una erosión subterránea que se manifiesta como hundimientos del suelo urbano en zonas específicas de la ciudad: fraccionamiento Puerta de Hierro, colonia Alcalde-Barranquitas, etc. Lo anterior genera problemas geotécnicos en las construcciones.

En esta plática se da a conocer el avance a la fecha.

GEOL.17

#### **CARTA METALOGÉNICA DE MÉXICO SERIE 1:1,000,000**

Vicente Torres-Rodríguez, Carlos Garza González-Vélez,  
Fernando Rosique-Naranjo y Eduardo González  
Depto. de Yacimientos Minerales, Facultad de Ingeniería,  
UNAM, CU., México, CP. 04510.

Se presenta el estado de avance de la Carta Metalogénica de México, Serie 1:1,000,000. Se ha integrado una base de datos de más de 2,500 localidades mineralizadas en la República Mexicana con los siguientes atributos: asociación mineralógica, estructura de la mineralización, orientación, edad del yacimiento, ambiente tectónico de formación, referencias bibliográficas. El grado de avance en la base de datos es del 70% (1996). El mapa base es la Carta Tectónica de México a escala 1:2,000,000 (INEGI, 1994), en su versión digital, el cual será actualizado hasta la escala 1:1,000,000. La presentación gráfica se ha simplificado adoptando símbolos visuales sencillos.

Las personas interesadas en aportar datos para este proyecto pueden hacerlo a las direcciones arriba anotadas. En todos los casos se reconocerá los créditos respectivos. Los mapas serán publicados por la UNAM a partir de 1997, iniciando con la hoja Guadalajara que comprende los estados de Nayarit, Jalisco, Zacatecas y parte de Michoacán.



GEOL.18

**ESTUDIO GEOLÓGICO DEL ÁREA LA CANDELARIA,  
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

José Antonio Pérez Venzor<sup>1</sup>, José Jorge Aranda Gómez<sup>2</sup> y  
Gloria Guadalupe Martínez Camacho<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Geología, UABCS

E-mail: japerez@calafia.uabcs.mx

<sup>2</sup> Instituto Geología, UNAM, Estación Regional del Centro Gto.

E-mail: jjag@servidor.unam.mx

El trabajo expone los resultados obtenidos de la cartografía geológica del área La Candelaria, ubicada al SW del Bloque de Los Cabos. Las rocas dominantes son de origen ígneo y afloran principalmente al oriente del área, las rocas metamórficas están distribuidas en dos áreas: norte y centro; por su parte los depósitos continentales cubren áreas considerables. Las rocas metamórficas comprenden gneis curzo-feldespático, gneis anfibolítico, esquisto cuarzo-feldespático, milonitas; que fueron agrupadas en un complejo metamórfico. Las rocas ígneas son principalmente granodioritas, tonalitas granitos y cuarzomonzonitas así como sistemas de diques pre y postectónicos con composición, textura variada. Estructuralmente el área presenta varios eventos de deformación, es posible reconocer un metamorfismo regional de grado medio-alto, seguido de un evento tectónico profundo con desarrollo de rocas cataclásticas. Haciendo amonitas existen evidencias de un evento magmático postectónico profundo. Todas las unidades cartografiadas están afectadas por fallamiento normal con desarrollo de brechas y salbanda.



GEOQ.01

### LA ISOLÍNEA 0.706 DE $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ INICIAL Y SU RELACIÓN EN LA IDENTIFICACIÓN DEL BASAMENTO PRE-MESOZOICO DE MÉXICO

M.S. Hernández-Bernal y F. Ortega-Gutiérrez  
Instituto de Geología, UNAM, México D.F. 04510

Sobre una base de datos de las relaciones isotópicas de Sr de rocas ígneas, ortogneises, xenolitos plutónicos y yacimientos minerales de diversas edades en 250 localidades, se analiza la posibilidad de establecer la isolínea 0.706 de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  inicial en México. Esta línea ha delimitado en las rocas ígneas de la parte occidental de los Estados Unidos la extensión y configuración del cratón de Norteamérica en esa región, mismo que se ha sugerido se extiende hasta el sur de México. Sin embargo, la distribución de los valores de las relaciones iniciales de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de rocas que se localizan al sur del orógeno Ouachita no muestran zoneamiento sistemático, homogeneidad, ni control aparente de la corteza continental en la generación del magma, lo cual dificulta una extensión obvia del cratón en México. En cambio, los datos isotópicos recopilados reflejan la complejidad de bloques de afinidad incierta y sobre todo, el predominio de corteza muy joven o adelgazada en gran parte del territorio. Este estudio sugiere que no es posible establecer una isolínea 0.706 que delimite el cratón más allá de sus límites propuestos al norte de la sutura Ouachita y también que es necesario realizar estudios isotópicos sistemáticos en áreas críticas y de interés que permitan la comparación de variaciones isotópicas a través de los límites propuestos entre terrenos pre-Mesozoicos en México.

GEOQ.02

### ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD DEL MANTO POR MEDIO DE DATOS GEOQUÍMICOS DE LA FAJA VOLCÁNICA MEXICANA (FVM)

J.H. Flores-Ruiz<sup>1</sup>, J. Urrutia-Fucugauchi<sup>2</sup>, O. Campos-Enríquez<sup>2</sup> y E. Hernández-Quintero<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Instituto de Geofísica

A partir de los diferentes estudios geoquímicos de las rocas volcánicas en la provincia geológica de la FVM. Se estimó la densidad promedio regional que es de 3.36 g/cc en los diferentes centros eruptivos los mas conocidos en el area de estudio. Para el bloque I que corresponde a los volcanes de Sanganguey y el Ceboruco la densidad estimada es de 3.34 g/cc, el bloque II que comprende el volcán de Tequila y la caldera La Primavera es de 3.36 g/cc, el bloque III más al sur de los anteriores se encuentra el volcán de Colima con densidad 3.35 g/cc, el bloque IV comprende el campo volcánico de Morelia, con el Parícutín de 3.4 g/cc el bloque V es el volcán del Nevado de Toluca de 3.32 g/cc el bloque VI es Mexico con 3.32 g/cc, el bloque VII corresponde a los volcanes Iztaccihuatl y Popocatepetl de 3.31 g/cc, el bloque VIII el volcán La Malinche de 3.29 g/cc, el bloque IX comprende los volcanes el Pico de Orizaba, Cofre de Perote y la caldera los Humeros con 3.42 g/cc y el bloque X en el área de Pachuca es de 3.45 g/cc resultado de este modelo geoquímico es la composición mineralógica es de 60% de clinopiroxenos, 13% de granate, 9.5% de cianita y 16.5 de coesita, con los datos anteriores se puede interpretar que el manto

es eclogítico. Donde posiblemente este asociado a una gran zona de inestabilidad como margenes continentales y arcos islas con diferente distribución de densidades en el manto.

GEOQ.03

### ESTUDIO PETROGRÁFICO Y GEOQUÍMICO DEL INTRUSIVO DE XALTIANGUIS EN GUERRERO, MÉXICO

Correa-Mora, Francisco y Schaaf, Peter  
Instituto de Geofísica, UNAM

En este trabajo se presenta la caracterización petrológica y geoquímica del cuerpo ígneo "Intrusivo de Xaltianguis" localizado a 35 km al NE de Acapulco, Estado de Guerrero. El intrusivo es un plutón petrológicamente heterogéneo constituido principalmente por cuarzdiorita y tonalita encajonado por las rocas metamórficas del Complejo Xolapa. El contenido de potasio es intermedio razón por la cual se ubica dentro del campo subcalalino y como un granito de tipo I. El patrón de las Tierras Raras muestra un ligero enriquecimiento en las Tierras Raras Ligeras con una suave anomalía negativa de Eu, características de un magma primitivo con poca contaminación cortical. Los valores de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  medidos en nueve muestras son relativamente bajos (entre 0.70455 y 0.708695). Un primer cálculo de la edad por medio de una isocrona de tres muestras dió un valor de  $28 \pm 1.5$  Ma interpretado como la edad del emplazamiento. Así el intrusivo es parte de un arco continental dentro de una margen activa durante el Oligoceno constituyendo la porción central de dicho arco. Utilizando criterios petrológicos es posible aislar al intrusivo Xaltianguis de los cuerpos ígneos de sus alrededores (Tierra Colorada y San Juan Reparo), sin embargo la tendencia geoquímica y en algunos casos la edad de formación son muy similares por lo que se puede pensar que son apófisis de un solo batolito, en el que cada intrusivo forma una fase de diferenciación diferente. El intrusivo de Xaltianguis emplazado después del desplazamiento sinistral del bloque de Chortis es miembro de un cinturón de rocas plutónicas formado durante el Mioceno hasta el Cenomaniano a lo largo de la margen Pacífica en el Sur de México en un límite de placas de tipo convergente.

GEOQ.04

### GEOQUÍMICA Y GEOCRONOLOGÍA DE LAS ROCAS MAGMÁTICAS DE LA REGIÓN TIERRA COLORADA-SIERRA DE ALQUITRÁN, ESTADO DE GUERRERO, Y SU SIGNIFICADO TECTÓNICO

Teodoro Hernández-Treviño, Enrique Cabral-Cano, Dante Morán-Zenteno y Peter Schaaf

Instituto de Geofísica, UNAM. Ciudad Universitaria, 04510, México, D.F.

La región de Tierra Colorada-Alquitrán, en el Estado de Guerrero constituye un área clave para entender los fenómenos regionales de migración magmática y de su relación con los procesos de tectónica de placas en esta región del circunpacifico. De acuerdo con interpretaciones recientes, el margen suroccidental de México fue afectado por episodios de truncamiento continental, erosión por subducción y cambios en la geometría de la placa subducida. Con el objeto de documentar la cronología de los eventos magmáticos



de la región de Tierra Colorada-Alquitrán, así como de sus procesos petrogenéticos, hemos realizado estudios de geoquímica, elementos mayores, elementos traza e isótopos así como análisis estratigráficos, petrológicos y estructurales de las secuencias volcánicas y los intrusivos expuestos en esta región.

Los cuerpos intrusivos de la región de Tierra Colorada-Alquitrán poseen una composición correspondiente a una granodiorita de biotita y esta afectado por enjambres de diques aplíticos y diabasas. La secuencia volcánica más joven expuesta en el área de Cerro del Toro-Sierra El Alquitrán, esta compuesta de dos eventos volcánicos bien diferenciados. En el área del Cerro del Toro afloran tobas líticas y tobas soldadas de composición ácida con fenocristales de turmalina. En la Sierra del Alquitrán afloran tobas líticas de composición ácida con abundancia de líticos andesíticos y calcáreos.

Las andesitas mapeadas previamente como Formación Agua de Obispo muestran edades y posición estratigráfica similares a la Formación Balsas, en base a nuestra determinación por K/Ar en un concentrado de biotita, el cual arroja una edad de  $56.3 \pm 1.4$  Ma. Esta unidad se presenta sobreyaciendo a la Formación Mexcala, por lo que nos es posible correlacionarla con la Formación Balsas y posiblemente con la Formación Tetelcingo que afloran al norte del área de estudio. La Formación Alquitrán muestra edades de K/Ar de  $22.5 \pm 0.6$  y  $24.0 \pm 0.8$  Ma obtenidas a partir de concentrados de vidrio. Los granitos de Tierra Colorada, Xaltianguis y Azinyehualco muestran edades isotópicas de Rb/Sr que varían entre los 26.0 y 30.5 Ma. Estos fechamientos, aunados con las edades previamente reportadas en el granito de Acapulco ( $43.4 \pm 0.9$  Ma por el método de Rb/Sr en biotitas) nos permiten confirmar la tendencia general decreciente de la edad del magmatismo desde Acapulco hasta la Sierra del Alquitrán. Esta tendencia sin embargo, no puede ser extrapolada hacia el norte de la región de Alquitrán, en virtud de que las edades recientemente reportadas para la región de Taxco-Buenavista son similares a las del sector Tierra Colorada-Xaltianguis.

GEOQ.05

#### **GEOCRONOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DE LA PROVINCIA VOLCÁNICA TERCIARIA DEL SUR DE MÉXICO, TRANSECTO HUAJUAPAN DE LEÓN-PINOTEPA NACIONAL. OAX.**

Martínez-Serrano, Raymundo G.<sup>1</sup>, Macías-Romo, Consuelo<sup>2</sup>  
Martiny-Kramer, Barbara<sup>2</sup>, Morán-Zenteno, Dante J.<sup>2</sup>,  
Grajales-Nishimura, Manuel<sup>2</sup> y Silva-Romo, Gilberto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM, CU., 04510, México D.F.

<sup>2</sup> Instituto de Geología, UNAM, CU., 04510, México D.F.

La Provincia Volcánica Terciaria del Sur de México (PVTs) ocupa una posición muy importante desde el punto de vista geoquímico y tectónico, ya que se ubica entre la Faja Volcánica Transmexicana y los granitoides de la Margen Continental terciaria del sur de México. Esta ocupa una área de aproximadamente 60 000 km<sup>2</sup>, desde los estados de Michoacán y Guerrero, hasta las inmediaciones de Oaxaca.

La parte norte del transecto Huajuapán de León-Pinotepa Nacional, Oaxaca (perpendicular a la costa), está compuesta por tobas silíceas intercaladas con sedimentos lacustres a la base, las

cubren materiales piroclásticos derivados de conos cineríticos andesítico-basálticos (localmente) y finalmente un enorme paquete de lavas y autobrechas andesíticas (PVTs). Las rocas volcánicas son cortadas por cuerpos hipabisales andesítico-dacíticos pertenecientes a diferentes pulsos magmáticos. La parte sur del transecto está compuesta por granodioritas-tonalitas-granitos que intrusinan rocas metamórficas del complejo Xolapa. Las rocas volcánicas e intrusivas del transecto presentan características geoquímicas de una área con una historia convergente: líneas de evolución calcoalcalinas con K medio, patrones de elementos traza y de tierras raras que indican que los magmas basálticos primarios fueron derivados del manto con poca contaminación cortical. Esto es confirmado por los resultados isotópicos de estroncio y de neodimio-samarium obtenidos por el Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (LUGIS).

Determinaciones de K-Ar efectuadas en concentrados de biotita, hornblenda y de roca total, pertenecientes a rocas volcánicas e intrusivas del transecto, proporcionaron edades del Eoceno al Mioceno. En un diagrama distancia a partir de la costa contra edad de las rocas mágnáticas, se observó que los granitoides de la zona costera muestran edades relativamente más jóvenes (de 24.4 a 29.9 ma) que las determinadas para rocas volcánicas de la parte norte (de 29 a 40.5 ma). Lo anterior sugiere que la actividad magmática en la parte norte fue desde sus inicios de manera intermitente, finalizando con grandes emisiones de lavas y brechas en dicho intervalo. El magmatismo se desplazó hacia el sur dando lugar a la formación de los granitoides de la Margen Continental. Posteriormente existió un hiatus magmático en toda el área de aproximadamente 18 ma, para reaparecer en el llamado magmatismo de pre-Faja Volcánica el cual se ubicará mucho más al norte de la PVTs. Esto puede ser otro indicio de que la placa en subducción se introdujo con diferentes ángulos y velocidades durante el Terciario debido al reacomodo de placas tectónicas.

GEOQ.06

#### **LA CONECCIÓN BAJA CALIFORNIA SUR-BLOQUE DE JALISCO: EVIDENCIAS ISOTÓPICAS.**

Peter Schaaf<sup>1</sup>, Harald Böhnelt<sup>1</sup> y José A. Pérez-Venzor<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM, 04510 México, D.F.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS.

En las reconstrucciones paleogeográficas del margen Pacífico de México la discusión sobre las posibles paleoposiciones de la Baja California después de la apertura del Mar de Cortés-generó un gran número de modelos diferentes. Sin tocar la problemática si Baja California actuó en el pasado como una sola unidad o varios bloques separados, la solución mas sencilla basada en una comparación del contorno actual de la costa Pacífica en esta región siempre fue un modelo que ve el Bloque de Los Cabos (Baja California Sur) enfrente o pegado al batolito de Puerto Vallarta. En este proyecto se analizaron petrográficamente y por medio de la isotopía de Sr y Nd las rocas plutónicas de ambas unidades. El batolito de Puerto Vallarta consiste de rocas graníticas, granodioríticas hasta tonalíticas. Las relaciones isotópicas de <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr son entre 0.7038 hasta 0.712, los valores de e-Nd entre -8 y +3.5 y caracteriza el plutón como un cuerpo muy heterogéneo en composición. Las edades del emplazamiento del batolito varían entre 91±3 hasta 99±4 Ma. Por otro lado, en el Bloque de Los Cabos han sido analizadas hasta el momento rocas graníticas



provenientes del poblado de Los Cabos con relaciones isotópicas de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de 0.70589 y parámetros de  $\epsilon\text{-Nd}$  de -2.5 y con una edad de la intrusión de 94 Ma. Todos son valores muy parecidos a los de las rocas ígneas en el Norte del batolito de Puerto Vallarta. Sin embargo, las relaciones isotópicas de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de tonalitas al Sur de La Paz (0.7039-0.7050) y también de rocas ultramáficas de Novillo (SW de La Paz,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ : 0.7036 0.7037 y  $\epsilon\text{-Nd}$  entre +4.0 y +4.5) indican una procedencia de un magma más primitivo de composición gabroico-piroxenítico-anortositico. Rocas de esta composición faltan en el complejo de Puerto Vallarta, pero están presentes unos 250 km al sur, en el complejo de Manzanillo. Viendo las semejanzas de los granitos de Los Cabos y de Puerto Vallarta y la ausencia de rocas ultramáficas en Puerto Vallarta, un modelo preliminar interpreta las rocas ultramáficas de Novillo como partes faltantes del batolito de Puerto Vallarta. Para una discusión más detallada de este modelo están en proceso otros análisis isotópicos.

GEOQ.07

### **CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LOS PRODUCTOS DE ALTERACIÓN DE LOS DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS DEL PLIOCENO, EN LA PROVINCIA VOLCÁNICA DE PUERTECITOS, B.C.**

Aparicio-Ceja, M. Eloísa<sup>1</sup>, Martín-Barajas, Arturo<sup>1</sup>. y Avalos-Borja, Miguel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Geología, División Ciencias de la Tierra, CICESE, AP. 2732, Ensenada, B.C.

<sup>2</sup> Instituto de Física, UNAM., AP. 2681 Ensenada, 22800, B.C.

La alteración de rocas volcánicas por fluidos de baja temperatura produce asociaciones paragenéticas distintivas. En la provincia volcánica de Puertecitos se estudió la alteración local de flujos piroclásticos del Plioceno y lavas riolíticas de ~6 ma. También se estudió una zona de alteración activa con circulación de agua con temperatura de 70°C. La unidad basal de las tobas del Plioceno está constituida por cenizas y lapilli pumiceíticos y presenta alteración a mordenita-clinoptilolita >> montmorillonita, mientras que en las unidades hacia la cima, las esquirlas son de tipo bloques y placas y no presentan minerales de alteración. Los flujos de lava estudiados son vítreos y están perlitizados pervasivamente. Presentan alteración hidrotermal a los largo de las fracturas en zonas de brechamiento. Los minerales de alteración en este caso son epidota, clinoptilolita - mordenita, montmorillonita, y silicificación intensa en la parte cercana a las fracturas.

El balance geoquímico entre la roca alterada y la roca sana en las lavas de ~6 ma indica que la circulación hidrotermal produjo un marcado enriquecimiento en MgO y en menor grado CaO FeO,  $\text{TiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y un empobrecimiento en  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$ . El balance en el sistema hidrotermal moderno de Puertecitos muestra al contrario un enriquecimiento en  $\text{K}_2\text{O}$  y FeO; y empobrecimiento en MnO, CaO,  $\text{Na}_2\text{O}$ . El enriquecimiento en  $\text{K}_2\text{O}$  es ocasionado por la desvitrificación y recristalización de feldespato alcalino y la formación de piritita disseminada. Los fenocristales de plagioclasa y piroxenos fueron reemplazados por microcristales de feldespato alcalino y epidota, respectivamente.

Se utilizó un modelo de ecuaciones linealmente independientes para explicar la formación de los principales productos de alteración utilizando los porcentajes relativos de los reactantes y

productos. Se obtuvieron las ecuaciones químicas que representan a los procesos de alteración vidrio-epidota y vidrio-montmorillonita. Como resultado de este estudio concluimos que la alteración en la base de las tobas del Plioceno es por agua meteórica. La alteración hidrotermal en las lavas de ~6 ma, posiblemente es resultado de circulación hidrotermal de menor o igual temperatura que la alteración moderna en la zona de Puertecitos.

GEOQ.08

### **ISÓTOPOS ESTABLES Y ANÁLISIS DE ELEMENTOS TRAZA POR PIXE EN CONCHAS FÓSILES Y RECIENTES DE LA COSTA NOROESTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO.**

Rendón-Márquez G.<sup>1</sup>, Martín-Barajas A.<sup>1</sup>, Solís-Rosales, C.<sup>2</sup>, Oliver A.<sup>2</sup>, Rodríguez L.<sup>2</sup> y Andrade E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Geología, CICESE, AP. 2732, Ensenada, B.C. 22800

<sup>2</sup> Instituto de Física, UNAM, AP. 20-364, México, D.F.

Con el fin de inferir la paleotemperatura y composición química original del agua de mar de una cuenca asociada a la apertura temprana del Golfo de California, se determinaron las variaciones isotópicas de oxígeno y carbón, la mineralogía y la composición elemental por PIXE de conchas fósiles de la Secuencia Marina de Puertecitos (Plioceno Temprano) y de conchas recientes del área de San Felipe, Noreste de Baja California, México.

Los valores isotópicos de  $\text{d}^{18}\text{O}$  y  $\text{d}^{13}\text{C}$  de las conchas recientes presentaron valores de -1.8 a 0.6‰ y de 0.4 a 2.7‰ respectivamente. Los valores isotópicos para las conchas fósiles fueron significativamente más bajos, con una variación de -12.57 a -3.48‰ para  $\text{d}^{18}\text{O}$  y de -3.28 a 0.33‰ para  $\text{d}^{13}\text{C}$ . El Sr se detectó en altas concentraciones en las conchas recientes con una variación de 1190 a 6300 ppm y en bajas concentraciones en las conchas fósiles variando de 180 a 2390 ppm. En contraste se observó un incremento en el contenido de Mn y Fe en todas las conchas fósiles. Estos resultados sugieren la ocurrencia de diagénesis por efecto de aguas meteóricas, evidenciado también por la calcitización de la aragonita en la mayoría de las conchas fósiles.

En la gráfica  $\text{d}^{18}\text{O}$  contra  $\text{d}^{13}\text{C}$ , las tendencias isotópicas de las conchas fósiles resultantes de la alteración diagénica se intersectan en una zona muy estrecha con las tendencias isotópicas de las conchas recientes, esta zona podría representar la composición isotópica original de las conchas fósiles. Sin embargo, el valor promedio de  $\text{d}^{18}\text{O}$  obtenido para estas últimas sugiere que el agua de mar donde se desarrollaron estaba empobrecida en  $\text{d}^{18}\text{O}$  o bien que la temperatura promedio del agua de mar para el Plioceno Temprano era más elevada que la temperatura promedio que prevalece actualmente en la zona.



GEOQ.09

### COMPARACIÓN DE RESULTADOS POR K-AR Y <sup>40</sup>AR/<sup>39</sup>AR

M. López-Martínez<sup>1</sup>, V. Moreno-Rivera<sup>1</sup>, G. Piña-Villalpando<sup>2</sup>, L.M. Cerca-Martínez<sup>1</sup>, V. Pérez-Arroyo<sup>1</sup>, E. Gamiz-Ramírez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Geología, CICESE Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, C.P. 22830, Ensenada, B.C.

<sup>2</sup> ININ, Dirección de Investigación Científica, AP. 18-1021, México, D.F., CP. 11801

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Ensenada, Km 107 Carret. Tijuana-Ensenada, C.P. 22830, Ensenada, B.C.

Se analizaron muestras ígneas del área de Bahía de los Angeles en Baja California, Guadalajara y Eje Volcánico Mexicano. Las edades de las muestras varían del Plioceno al Cretácico Tardío. Los análisis fueron realizados en muestras de concentrados minerales y en muestras de roca total. Los análisis cuantitativos de potasio fueron realizados por triplicado utilizando un fotómetro de Flama. Se hace la digestión de las muestras en una mezcla de ácido flurohídrico y ácido nítrico. La reproducibilidad de los análisis de potasio es de por lo menos el 2%. Los análisis isotópicos de argón se realizan con un espectrómetro de masas tipo MS-10. Rutinariamente se analizan muestras de argón atmosférico para determinar el factor de discriminación del espectrómetro de masas. La extracción de argón se hace en un horno de tantalio de doble pared que se encuentra conectado en línea con el espectrómetro de masas. Como trazador se utiliza <sup>38</sup>Ar, el cual es liberado mediante una pipeta. El trazador ha sido calibrado con muestras de argón atmosférico de volumen y composición conocida, y también con la hornblenda G14-4, que contiene  $6.279 \times 10^{-5}$  cc STP/g. Para los análisis de <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar, se utilizaron el reactor nuclear del ININ y el de la Universidad de McMaster, Canada. Como monitor para la irradiación se utilizó la biotita LP-6, y sus resultados se compararon con las biotitas CATAV 7-4, VI-29-91 y 2-II-95. Los resultados obtenidos en ambos reactores son satisfactorios. En particular los resultados de dos irradiaciones independientes en el ININ son reproducibles. A excepción de los análisis de los monitores, todos los análisis por <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar se realizaron aplicando la técnica de calentamiento por pasos. Las edades integradas obtenidas en estos experimentos son comparables a los resultados de K-Ar. Se obtuvieron buenas mesetas en la mayoría de los análisis. Algunas muestras se analizaron por duplicado, obteniéndose resultados reproducibles. En la muestra de edad pliocénica se obtuvo una precisión del 3%, mientras que para muestras de mas de 15 Ma la precisión es de 1 a 2 %. Los valores de <sup>37</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar obtenidos en los concentrados minerales indican que las muestras son de composición homogénea.

GEOQ.10

### VENTAJAS DEL ICP-MS SOBRE OTROS MÉTODOS ANALÍTICOS EN APLICACIÓN A MATERIAL GEOLÓGICO

Elizabeth Hernández, Ofelia Morton, Elena Lounejeva y M.A. Armienta  
Instituto de Geofísica, UNAM, Ciudad Universitaria, México D.F. 04510

A finales del año 1995 el Instituto de Geofísica de la UNAM con apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo, adquirió un Espectrómetro de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS) modelo Quadrion de la marca Thermo Jarrell Ash. El equipo fue puesto en operación a principios del presente año y está actualmente en posibilidad de brindar servicio para el análisis de diversos tipos de muestra de proyectos tanto internos como externos de la UNAM.

La espectrometría de masas con ICP se ha desarrollado como una técnica de análisis multielemental altamente sensitiva y rápida, que ha adquirido gran impacto en análisis de elementos traza en diversos tipos de materiales: roca, suelos, minerales, plantas, tejido animal, medicamentos y alimentos, además de muestras ambientales (agua potable, agua subterránea, lodos, polvos industriales, residuos tóxicos etc.).

En este trabajo se presentan las ventajas y desventajas de analizar los elementos traza en materiales geológicos por ICP-MS en comparación con otros métodos convencionales de análisis: espectrometría de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES), espectrometría de emisión óptica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES), espectrometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS), análisis instrumental por activación de neutrones (INAA) y fluorescencia de rayos-X (XRF).

Las ventajas más importantes del método ICP-MS en comparación con otras técnicas analíticas instrumentales son:

- Capacidad de hacer un análisis multielemental simultáneo de alta resolución en masas y de un espectro relativamente simple.
- Límites bajos de detección: para la mayor parte de los elementos de 0.01 a 0.1 ppb.
- Amplio rango lineal dinámico : de 0.01 a 100 ppm.
- Posibilidad de medir estándar interno simultáneamente.
- Buena reproducibilidad.
- Capacidad de medir isótopos.
- Rapidez en la lectura de resultados.
- Disociación completa de la muestra con pocos especies moleculares.
- Pocas interferencias espectroscópicas debido al espectro de masas simple y por lo tanto algunas series de interferencias poliatómicas.

Además el ICP-MS es probablemente el mejor método para determinar el espectro completo de tierras raras en material geológico.

GEOQ.11

### MONITOREO DE RADÓN EN LA COSTA SUR DE OAXACA; TRAMO PUERTO ESCONDIDO-ACAPULCO

Faustino Juárez S.<sup>1</sup>, Francisco Núñez C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM, CU., México, D.F.

<sup>2</sup> CUC. Pto. Vallarta y DGOT, Universidad de Guadalajara.

La medición de Rn-222 en una área de alta sismicidad, mediante el empleo de la fijación del gas y su cuantificación mediante técnicas termoluminiscentes, permitira brindar una herramienta más para el estudio de los movimientos internos de la corteza en dicha área en este trabajo se muestra la aplicación de este



método en la zona costera de Oaxaca. Se escogió la costa sur de Oaxaca por ser una de las zonas más estudiadas desde el punto de vista sismológico ya que se han hecho estudios de microsismicidad, estructura, etc. Con lo cual podemos comparar los valores medios de la emisión de radón y procesos tectónicos y geológicos que hay en dicho lugar. Hasta ahora, generalmente las aplicaciones del radón han sido de manera puntual sin correlacionar con las variaciones regionales. Para este estudio se instalaron 193 puntos con 3 detectores TL cada uno a lo largo de la carretera Acapulco-Puerto Escondido.



PT.01

# RECONSTRUCCIÓN DE LA GEOMETRÍA INICIAL DE LA CADENA HERCINIANA EN EL SW DEL MACIZO CENTRAL FRANCÉS, CON AYUDA DE DATOS PALEOMAGNÉTICOS

Arturo Diego-Orozco<sup>1</sup> y Bernard Henry<sup>2</sup><sup>1</sup> Instituto Mexicano del Petróleo<sup>2</sup> Laboratorio de Geomagnetismo de Saint-Maur, Francia

Los datos obtenidos mediante un estudio paleomagnético, aunados a los datos paleomagnéticos anteriormente obtenidos en las cuencas pérmicas de Lodève y Saint-Affrique, nos dan una imagen más clara de la geometría inicial de la cadena Herciniana. Las rotaciones tardi-hercinianas encontradas en la cuenca de Saint-Affrique y posteriormente en la cuenca de Rodez con respecto a la cuenca de Lodève nos muestran la extensión regional de los grandes eventos lítricos (Van Den Driessche, 1989) que afectaron dichas cuencas así como su basamento.

Una nueva metodología para calcular la rotación de esta zona es propuesta, utilizando las paleodeclinaciones obtenidas para calcular edades teóricas y declinaciones para las diferentes formaciones presentes en este estudio. Obteniendo finalmente una imagen mucho más coherente de la cadena Herciniana una vez aplicada la corrección de dichas rotaciones.

PT.02

# PALEOMAGNETIC SECULAR VARIATION OF DEEP-SEA BASALTS AT THE TIP OF THE BAJA CALIFORNIA PENINSULA

José C. Guerrero-García

Instituto de Geología, UNAM, Cd. Universitaria, 04510, México D.F.

E-mail: josec@servidor.unam.mx

Seven deep-sea basaltic units drilled during DSDP leg #64 at the bottom of hole 474A were sampled for paleomagnetic purposes. The Natural Remanent Magnetization (NRM) and the bulk susceptibility of all 37 samples were measured, and the whole set was subjected to an alternating -field demagnetization procedure in increasing steps at 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300 and 350 Oe. By 350 Oe most of the samples had lost more than 90% of their original NRM.

The  $J_0$  values range from  $0.977 \times 10^{-3}$  emu/cm<sup>3</sup> to  $20.629 \times 10^{-3}$  emu/cm<sup>3</sup>. Negative and positive inclinations range from -61.2° to +60.2°. Upon demagnetization, 7 samples remained positive and 15 negative. On the other hand, 12 samples which first showed a positive inclination, became negative as demagnetization proceeded. Two other samples changed polarity from negative to positive. Going from top to bottom, Unit 1 displays a normal polarity. Units 2 and 3 which petrographically appear to be different, on paleomagnetic grounds display different polarities: Unit 3 shows a normal polarity throughout; the stable inclination for Unit 2 is -23.1°. Units 4, 5 and 6 are magnetically similar; negative stable inclinations vary from -8.6° to -23.5°. An abrupt change occurs between Units 6 and 7. The stable inclination values of Units 7 and 8 are the steepest of this site: -59° to -66°. The median destructive

field (MDF), varying from 90 to 250 Oe is higher than in any other units. All the samples increase in intensity during the first step of demagnetization, indicating that a normal component is being erased. Except for Units 1 and 3, which exhibit an inclination value agreeing with the one expected for this latitude (23°N), the units have inclinations either too shallow or too steep.

Alternatives of interpretation include secular variation, tectonic disturbance, or some drilling remanence. Another puzzling fact is that Hole 474A was drilled on a positive magnetic anomaly, NR2, but most of the units have a reversed polarity. One reason for this may be that the source of the anomaly is deeper than 100 meters, which is the thickness of the sampled sequence.

PT.03

# PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE UNA SECUENCIA EÓLICA DEL CUATERNARIO TARDÍO EN EL DESIERTO DE SONORA, Y SUS IMPLICACIONES PALEOAMBIENTALES

Beatriz Ortega-Guerrero

Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geofísica Colosio y Madrid s/n Col. Los Arcos, 83240, Hermosillo, Son., México

El estudio de los indicadores ambientales contenidos en el Desierto de Sonora puede ayudar a evaluar las hipótesis sobre la evolución climática para América del Norte durante el Cuaternario tardío. Los resultados de numerosos trabajos indican que los cambios climáticos mayores controlan los regímenes de intemperismo y sedimentación de manera que dan lugar a variaciones distintivas en la mineralogía magnética. Se ha llevado a cabo una serie de mediciones de parámetros magnéticos en una secuencia eólica de edad Pleistoceno-Holoceno, encontrada al este de la Playa San Bartolo, Sonora, con el propósito de caracterizar a los sedimentos e interpretar sus variaciones en términos de cambios ambientales. Estos parámetros magnéticos incluyen susceptibilidad magnética (X), susceptibilidad dependiente de la frecuencia (X<sub>fd</sub>%), magnetización remanente anhistérica (MRA), magnetización remanente isoterma (MRI), magnetización remanente isoterma de saturación (MRIS) y parámetros de histéresis, y a partir de ellas se han calculado una serie de relaciones magnéticas. Tanto los parámetros de relación, (MRA/X, MRIS/X, MRIS/MRA) como la X<sub>fd</sub>% indican que las variaciones más significativas del perfil están mayormente relacionadas a cambios en los tamaños de las partículas que a variaciones en la mineralogía magnética. Los minerales magnéticos dominantes son titanomagnetitas, aunque los minerales de antiferromagnetismo imperfecto (hematitas-goetitas) están presentes a lo largo de la sección. La ocurrencia de partículas de dominio sencillo y superparamagnéticas está asociada a periodos de depósitos fluviales y formación de suelos, en tanto que los depósitos eólicos están caracterizados por la presencia de partículas multidominio.



PT.04

### ACIERTOS Y ERRORES EN EL CAMBIO DE SITIO DE UN OBSERVATORIO MAGNÉTICO CLÁSICO

Cifuentes G. y Hernández E.  
Instituto de Geofísica UNAM, México

Se presentan desde un punto de vista moderno las funciones científicas de un Observatorio Magnético. De ahí que los errores y aciertos del cambio de localización de un observatorio con sus consecuencias sean considerados si este desplazamiento se hace sin la adecuada atención de este enfoque.

Un ejemplo típico se reporta, ocurrido con el Observatorio Magnético de Teoloyucán (México) en 1978, cuyas consecuencias fueron parcialmente corregidas. Se presentan también las medidas usadas para corregir los saltos originados por este cambio a partir de comentarios y sugerencias de diversos especialistas en Geomagnetismo reunidos durante el Primer Encuentro Latinoamericano de Instrumentación Geomagnética; así como una serie de recomendaciones y sugerencias para los observatorios Latinoamericanos.

PT.05

### ¿SON LOS INTERVALOS DE POLARIDAD (CHRONOS) INDEPENDIENTES EN LAS ESCALAS DE TIEMPO DE POLARIDADES GEOMAGNÉTICAS (GPTS)?

R.A. Angiano-Rojas y J. Urrutia-Fucugauchi  
DEPFI, Depto. Ingeniería Informática, Ciudad Universitaria,  
Coyoacán, CP. 04510

Se ha realizado un análisis comparativo de las GPTS (Heirtzler et al. 1968, Harland et al. 1982, Harland et al. 1990, Cande y Kent 1992, Baksi 1994, Cande y Kent 1995, Wei 1995), y se obtuvo la función de autocorrelación considerando los niveles de ruido estadístico, encontrándose que para los últimos 18 Ma, la señal se puede considerar como independiente, sin embargo cuando se consideran los últimos 48 Ma, la señal decrece a cero en el límite de el ancho de la correlación estática, o un poco después para las GPTS CK-92, CK-95 y W-95 indicando cierta dependencia de la señal. Lo mismo sucede para la autocorrelación para los últimos 83 Ma, donde todas las GPTS excepto la de HDHPL-68, tienden a cero para un valor mayor del ancho de la correlación estática, lo que indica que cuando se analiza la escala de 0 a 83 Ma, existe dependencia en la señal. En cuanto al análisis espectral se detectaron frecuencias similares en las bajas frecuencias para los primeros 18 Ma, a pesar de los cambios que presentan las escalas en el Tiempo, y varias frecuencias en común para los últimos 48 Ma y de 48 a 83 Ma. Para los últimos 0-83 Ma, encontramos una frecuencia común correspondiente a 27.47 Ma (en 5 GPTS), de 9.26 Ma (en 5 GPTS), 4.88 Ma (en 5 GPTS), 3.19 Ma (en 6 GPTS) y 2.32 Ma (en 7 GPTS). En la parte fractal se encontraron valores muy similares de *dimensión fractal D* (entre 1.7 y 1.8) para todas las GPTS y para cada una de sus partes, lo que nos ratifica la naturaleza de fractal del campo magnético del tipo *self-affine*. Se realizaron diagramas de fase encontrándose un comportamiento tipo *atractor*. Se realizó un estudio para obtener la frecuencia de transición de cada GPTS obteniéndose con la prueba  $\chi^2$  la dependencia de un estado a otro. Haciéndose independiente solo

cuando la matriz de transición es de un orden  $> 7$ , considerándose con esto que existe dependencia en los estados sucesivos.



SL.01

### SISMICIDAD Y GEOMETRÍA DEL SURESTE DE LA REPÚBLICA DOMINICANA

J.S. Payero de Jesús

Universidad Autónoma de Santo Domingo, República Dominicana

Con la colección de 41 registros de temblores, captados por la Red Sísmica del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y la Red del Instituto Sismológico Universitario de la UASD, se analizó la característica principal de las Provincias Geológicas del sureste de la República Dominicana. La sismicidad analizada, entre diciembre 1995 y junio 1996, concuerda con estudios geofísicos previos que establecen una corteza oceánica del Caribe casi estable desde fines del Mesozoico y una gran actividad tectónica posterior, principalmente alrededor de la Placa del Caribe. Varios eventos analizados, con epicentros en el interior del país, están muy ligados a fallas de cabalgamiento en el extremo oriental de la Cordillera Central. Los eventos oceánicos parecen estar más relacionados con la Trincherá de los Muertos (TM). También se utilizan varios mecanismos focales, cmt-Harvard y Byrne y otros (1985), obtenidos para esta región.

SL.02

### ACTIVIDAD SÍSMICA OBSERVADA EN LA FRONTERA SUR-ORIENTAL DEL BLOQUE DE JALISCO: DE SEPTIEMBRE DE 1995 A AGOSTO DE 1996.

Z. Jiménez<sup>1</sup>, G. Reyes<sup>2</sup> y A. Ramírez<sup>2</sup><sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM, Circuito Exterior, C.U., Coyoacán, 04510, México, D.F.<sup>2</sup> Centro de Investigación en Ciencias Básicas de la Universidad de Colima, 28000, Colima, Col., México

La expansión de la red Sismológica de Colima (RESCO), inicialmente planeada para monitorear la sismicidad asociada a la actividad volcánica del volcán de Colima, ha permitido también monitorear la frontera sur-oriental del Bloque de Jalisco. La distribución geométrica de la red ha permitido detectar con un buen control, la actividad sísmica asociada a las fronteras sur (la trincherá) y sur-oriental (el graben de Colima) del Bloque de Jalisco. Para la realización de este trabajo se utilizaron registros de eventos ocurridos dentro y/o cerca de la Red RESCO (S-P < 10 seg.) para asegurar un mejor control en la localización de los hipocentros. Los resultados preliminares de la actividad sísmica registrada durante el último año (septiembre de 1995 a agosto de 1996) muestran que aparte del temblor de Manzanillo del 9 de octubre de 1995, a las 15:35 TMG, de Ms=7.6, la mayor actividad fue de eventos de baja magnitud ( $M_c < 4.0$ ), acompañada de relativamente pocos eventos de magnitud intermedia ( $4 < M_c < 6.2$ ). Aproximadamente el 60 % de los eventos ocurridos en la región fueron localizados en el área de réplicas del temblor de Manzanillo. La distribución espacial de los epicentros muestra por lo menos tres regiones claramente delimitadas: 1) una asociada a fracturamientos superficiales que están ocurriendo en la región central de Colima-suroeste de Jalisco, la cual se interrumpe abruptamente en el margen occidental del graben de Colima, 2) la asociada al graben de Colima, donde se observó poca sismicidad superficial en una franja de dirección noreste-suroeste de 75 Km de

ancho, delimitando probablemente al graben de Colima y 3) la asociada al proceso de subducción de las placas de Cocos y Rivera debajo de la Norte Americana, donde ocurrió el evento de Manzanillo, que indujo una inestabilidad regional que produjo la ocurrencia de un gran número de réplicas por casi un año.

SL.03

### CATÁLOGO SISMOLÓGICO DEL OCCIDENTE VENEZOLANO ENTRE 1990 Y 1996

José Aguilar, María Teresa Morandi y José Silva  
Laboratorio de Geofísica, Depto. de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

Se presenta el Catálogo Sismológico del Occidente Venezolano entre los años 1990 y 1996. Para la edición de este catálogo se utiliza el OSULA: una herramienta diseñada y desarrollada en el Laboratorio de Geofísica de la Universidad de Los Andes que permite a) la estructuración de una base de datos sismológica, b) una recolección flexible de datos para esa base de datos y c) el manejo eficiente de la misma. Con el OSULA se puede crear un catálogo sismológico a partir de los registros sísmicos grabados en formato IASPEI (.WVM), SUDS y ASCII. Desde el programa que maneja los catálogos sismológicos el usuario puede acceder en cualquier momento la forma del registro, la información particular del evento y la representación cartográfica del evento seleccionado. Las labores de incorporación de datos provenientes de otras redes sismológicas, lectura y edición de parámetros sismológicos, relocalización hipocentral, actualización del catálogo e impresión de boletines sismológicos se pueden realizar fácilmente dentro de un ambiente integrado. Esos catálogos pueden luego ser consultados utilizando filtros espaciales, temporales o filtros especiales. También puede manipularse la información contenida en un catálogo bien sea para exportar o importar eventos entre diferentes catálogos.

SL.04

### UN ANÁLISIS SISTEMATIZADO DEL CATÁLOGO DE SISMICIDAD RECIENTE EN MÉXICO, COMPILADO POR EL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL.

F. Ramón Zuñiga y Marco A. Reyes

Instituto de Geofísica, UNAM, CU, Coyoacán, México 04510, D.F.

Se efectuó una evaluación del estado general del catálogo de sismicidad reciente de México, compilado por el Servicio Sismológico Nacional. Para ello se han aplicado varias técnicas, entre ellas la determinación sistemática de los tiempos en los cuales existen cambios significativos en la tasa de sismicidad para diferentes magnitudes de corte; la técnica de mapas de valor  $z$ , la cual permite una evaluación rápida y objetiva de la ubicación y extensión de posibles variaciones en la sismicidad umbral de una región; y la técnica de ajuste de valor  $b$ , por medio de la cual se pueden establecer relaciones entre dos medidas de magnitud. Los resultados reflejan varios aspectos de interés para todo análisis posterior basado en los datos mencionados.

Por un lado, se puede observar que las condiciones de homogeneidad y completitud varían sustancialmente cuando se



incluyen los datos correspondientes a sismos localizados en el norte de Baja California, Golfo de California y Sonora, los cuales son rutinariamente registrados por la red RESNOM, operada por el CICESE. Una vez excluidos dichos eventos del catálogo, se encuentra que las condiciones de reporte se mantienen dentro de un margen aceptable de homogeneidad, desde 1988 hasta la fecha. En cuanto a la completitud, existe un exceso anómalo de eventos con magnitud asignada de 4.9. La mayor parte de dichos eventos se localizan en el sureste.

Al utilizar la técnica de ajuste de valor  $b$  para relacionar las magnitudes reportadas por el SSN, con magnitudes  $m_b$  listadas en el PDE (Preliminary Determination of Epicenters) del Servicio Geológico de los E.U., se encuentra que se equiparan satisfactoriamente, por lo que es factible emplear dichas medidas indistintamente en evaluaciones de riesgo, sobre todo al considerar eventos menores a la magnitud mínima umbral de registro telúsmico ( $m_b=4.5$ ).

SL.05

### UNA FUNCIÓN LOG $A_0$ PARA LA REGIÓN NORTE DE BAJA CALIFORNIA

Antonio Vidal y Luis Munguía

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

Los sismogramas de 346 sismos registrados principalmente por la Red Sísmica del Noroeste de México, complementados con registros de aceleración de la Red de Acelerógrafos del Noroeste de México, se usaron para determinar una función log  $A_0$  para la región norte de Baja California. Esta función es útil para el cálculo apropiado de la magnitud local de sismos registrados en la región ya que, y de acuerdo con resultados previos, si se usan las funciones propuestas para el sur de California, los valores de magnitud que se obtienen son inapropiados a ciertos intervalos de distancias. Por tanto, las amplitudes máximas medidas de sismogramas Wood-Anderson equivalentes se usaron en un análisis de regresión lineal múltiple para determinar simultáneamente la función log  $A_0$ , la magnitud local de los sismos considerados y las correcciones que toman en cuenta el efecto de las condiciones locales del sitio de registro. La función preliminar obtenida es:  $-\log A_0 = 0.930 \log(r/100) + 0.0017(r-100) + 3.0$ ; donde  $r$  es la distancia epicentral comprendida en un intervalo de 20 a 450 km. La comparación de esta función con las funciones propuestas por Richter (1935, BSSA, v. 25, p. 1-32) y Hutton y Boore (1987, BSSA, v. 77, p. 2074-2094) revela que las tres son prácticamente iguales a distancias comprendidas entre 40 y 150 km. Esto significa que el cálculo de la magnitud con cualquiera de las tres funciones log  $A_0$  dará el mismo resultado. No obstante a distancias menores que 40 km, si bien el número de nuestros datos es menor, consideramos que existe una marcada diferencia de la función de Richter (curva RT) con la de Hutton y Boore (curva HB) y la nuestra. A estas distancias la curva RT implica una menor atenuación de las amplitudes que la atenuación sugerida por la curva HB y la nuestra, las que son prácticamente iguales. Como resultado de esto las magnitudes calculadas con la curva RT a distancias cercanas al epicentro están subestimadas, como ya ha sido previamente señalado por Hutton y Boore. Sin embargo, a distancias mayores que 200 km existe una diferencia importante entre nuestra curva y las de Richter y Hutton y Boore. A estas

distancias nuestra curva log  $A_0$  sugiere una atenuación menor de las amplitudes que la implícita por las otras dos. Esto da lugar a que las magnitudes obtenidas con el uso de las curvas RT y HB estén sobrestimadas en algunos casos hasta por 0.5 unidades para el caso de la curva RT y de hasta 0.3 unidades para la curva HB, a distancias comprendidas entre 250 a 450 km.

SL.06

### RED SISMOLÓGICA TEMPORAL DE BANDA ANCHA EN EL OCCIDENTE DE MÉXICO: RESULTADOS PRELIMINARES

Alejandro Hurtado<sup>1</sup>, Jaime Domínguez<sup>1</sup>, Gerardo Suárez<sup>1</sup>,  
John VanDecar<sup>2</sup>, Randy Kuenhel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM, México, D.F., 04510.

<sup>2</sup> Department of Terrestrial Magnetism, Carnegie Institution of Washington.

Con el fin de estudiar el Bloque de Jalisco, los Departamentos de Sismología del Instituto de Geofísica de la UNAM y de Magnetismo Terrestre de Carnegie Institution of Washington, instalaron una Red Sismológica Temporal de equipos Reftek-Guralp (7) y Reftek-STS2 (5). Dicha Red funcionó desde los primeros días de Marzo hasta el 30 de Julio de 1996. Los objetivos principales de este experimento son: 1) Determinar la región sismogénica del Estado de Jalisco (Zona de Benioff); 2) La estructura de velocidades sísmicas, y 3) Características sismotectónicas del Bloque de Jalisco por medio de tomografía utilizando sismogramas de período largo. Presentamos las primeras localizaciones de los sismos ocurridos en la región, para lo cual utilizamos un modelo unidimensional de velocidades determinado con las réplicas del sismo del 9 de Octubre de 1995 ( $M_w=7.9$ ) localizadas en las costas de Jalisco y Colima.

SL.07

### MODELO UNIDIMENSIONAL DE VELOCIDADES SÍSMICAS EN LOS ESTADOS DE JALISCO Y COLIMA

Jaime Domínguez<sup>1</sup>, Alejandro Hurtado<sup>1</sup>, Javier Pacheco<sup>1</sup>,  
Gerardo Suárez<sup>1</sup>, Gabriel Salinas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM, México, D.F., 04510.

<sup>2</sup> RESCO, Universidad de Colima.

Con el fin de localizar con precisión las réplicas del sismo de Jalisco-Colima del 9 de Octubre de 1995 ( $M_w=7.9$ ), se determinó el modelo unidimensional de velocidades sísmicas de ondas P y S, con un método de mínimos cuadrados amortiguados. Se registraron alrededor de 350 sismos durante 10 días, del 10 al 20 de Octubre, localizados con estaciones de un red temporal instalada para este fin y complementada con estaciones de RESCO y del SSN. Sólo se utilizaron la mitad de los eventos para determinar el modelo de velocidades ya que estos mostraron localizaciones con errores hipocentrales menores a 5 km. El modelo de velocidades se compone de 4 capas planas, con profundidad de interfase a 9, 18.7 y 36 km con un  $V_p/V_s$  igual a 1.64. Por último, presentamos las relocalizaciones de estas réplicas.



SL.08

### **AUTOMATIZACIÓN DEL CÁLCULO DE MAGNITUD USANDO LOS DATOS SÍSMICOS DE LA BANDA ANCHA**

Roberto Ortega, Tan Yi y Emilio Nava  
Instituto de Geofísica, UNAM

Debido a la limitación de la Red Nacional Convencional del Servicio Sismológico Nacional, el proceso de determinación de magnitudes de eventos moderados y grandes usando solo los datos de esta red es difícil y tardado. Con la disposición de los datos de banda ancha, se implementó un procedimiento computarizado para la determinación rápida de magnitudes usando el método desarrollado por Singh y Pacheco, pero dicho procedimiento todavía no es muy fácil de realizar, y se requiere mucha intervención humana. Ante la necesidad de brindar a Protección Civil y los medios de comunicación información veraz y rápida, después de la ocurrencia de un sismo requiere automatizar, aún más, el proceso de cálculo de magnitudes.

El presente trabajo describe una nueva implementación para la estimación casi instantánea de magnitudes utilizando los datos de banda ancha de la estación CUIG del Pozo ubicada en la Ciudad Universitaria. El nuevo procedimiento computarizado es muy sencillo en su manejo, ya que necesita una mínima de intervención de los usuarios. El programa puede interrogar y atraer automáticamente el evento especificado por el usuario, y se convierten los datos en un archivo con formato AH. Posteriormente, se activa automáticamente un programa interactivo de interfase gráfica. El usuario puede utilizar el programa interactivo para visualizar los registros, manipularlos y calcular la magnitud directamente. Actualmente, el Servicio Sismológico Nacional utiliza este procedimiento para determinar la magnitud de un temblor, especialmente para los temblores grandes.

SL.09

### **MICROSISMICIDAD INDUCIDA DURANTE UN EXPERIMENTO DE FRACTURACIÓN HIDRÁULICA: CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS HIPOCENTROS.**

Hubert Fabriol  
Depto. de Sismología, CICESE, AP. 2732, Ensenada, B.C.

Varios autores caracterizan la distribución espacial de la sismicidad, natural o inducida, como fractal (Hirata et al., 1987) o multi-fractal (Hirabayashi, 1992). Esto significa que los hipocentros están distribuidos de manera auto-similar, cual sea la escala considerada. El método empleado comúnmente para demostrarlo es el cálculo de la integral de correlación en función de las distancias entre dos hipocentros y su representación en una gráfica log-log. Si ésta es lineal sobre una década o más, se asume que la distribución de hipocentros es fractal y obedece a una ley en potencia, cuyo exponente es la pendiente de la recta, o sea la dimensión fractal de correlación  $D_2$ . La complejidad de las mismas distribuciones de hipocentros a implicado pasar de la noción de fractal, caracterizada por un número (la dimensión fractal), a la noción de multi-fractal, caracterizada por una función, que puede

ser una densidad de probabilidad (Mandelbrot, 1989) o un número infinito de dimensiones.

Hemos calculado las integrales de correlación para evaluar las dimensiones fractales  $D_q$  de un conjunto de datos de microsismicidad registrado durante un experimento de fracturación hidráulica. Éste último es parte del proyecto de Rocas Secas Calientes de Soultz (Francia). Los datos han sido divididos en 6 subconjuntos, función cada uno del gasto de inyección, escalonado en el tiempo, de 3.3 l/s a 36 l/s. Se utiliza además los microsismos de mayor amplitud, para los cuales el error de localización es menor (aproximadamente  $\pm 20$  m).

Las conclusiones son las siguientes:

- Las integrales de correlación no pueden ser consideradas como lineales sobre más de una década, cual sea el régimen de inyección. Ésto implica que los hipocentros analizados en su conjunto no obedecen a una distribución mono o multi-fractal.
- Para valores de  $q > 0$ , correspondiente a la parte concentrada (o sea en enjambres) de la microsismicidad, las curvas de integral de correlación son aproximadas por una distribución probabilística de tipo Gamma. Este tipo de resultado ya ha sido encontrado en el caso de la distribución frecuencia-longitud de fallas en el sistema de la falla San Andres (Davy, 1993).
- Para valores de  $q \leq 0$ , correspondiente a la parte diseminada de la microsismicidad, las curvas de integral de correlación no muestran continuidad, por lo cual se puede concluir que este método en particular no es válido para caracterizar la geometría de la distribución de la microsismicidad.

Estos resultados marcan los límites de de la aproximación por una geometría fractal de un medio fracturado por estimulación hidráulica.

SL.10

### **SEISMIC WAVES IN POROUS MEDIA**

Pratap N. Sahay  
Depto. de Sismología, CICESE, A.P. 2732, Ensenada, B.C.  
22860

The prevailing understanding of seismic waves in porous media, i.e. deformable solid with interconnected void spaces which are randomly distributed and filled with viscous fluids, exists in the framework of the Biot theory (JASA, v.28, p. 168-178, 1956). We revisit this topic from the point of view of Sahay (Proc. R. Soc., Lond., Ser. A, v. 452, p. 1517-1529, 1996).

The nature of deformation process in porous media is presented. It is shown that in addition to deformation as a whole, i.e. without making any distinction between constituent phases, the elemental volume undergoes a redistribution of constituents where no net change in volume or shape occurs, yet constituent phases experience such changes. The former process is akin to the deformation process of classical elasticity and the latter is an additional process which amounts to transport of an intrinsic angular momentum. Thereupon, the understanding of in-phase and out-of



phase motions of constituent phases, nature of slow P and S-waves, role of porosity, role of fluid viscosity and its relation to global and local fluid flows are expounded.

SL.11

### EQUATIONS OF MOTION FOR AN INHOMOGENEOUS POROUS MEDIUM

Pratap N. Sahay<sup>1</sup>, Vicente de la Cruz<sup>2</sup> and T.J.T. Spanos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Sismología, CICESE, A.P. 2732, Ensenada, B.C.

<sup>2</sup> Department of Physics, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada T6G2J1

The macroscopic equations of motion for an inhomogeneous porous medium are constructed by volume averaging the pore-scale dynamical equations. Since the pore-scale equations exist in the framework of well established infinitesimal strain linear elasticity theory, therefore the macroscopic prescription derived here is on a firm basis. The specific model of the porous medium under consideration is a deformable solid with interconnected void spaces that are randomly distributed and filled with chemically inert viscous fluid. In the model the inhomogeneity manifests itself through spatially varying porosity, although the two constituents are themselves homogeneous as regard to their material properties. The phenomenologically deduced equations of motion by Biot (JAP, v. 33, p. 1482-1498, 1962) for the same model are also examined in the light of the result obtained here.

SL.12

### DISPERSIÓN Y ATENUACIÓN DE ONDAS P EN UNA SUSPENSIÓN SÓLIDA DE VARIAS ESPECIES DE INCLUSIONES ESFÉRICAS.

F.J. Sabina<sup>1</sup> y M.A. Capistran-Ocampo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> IIMAS, UNAM, Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F.

<sup>2</sup> Becario Fundación UNAM

En este trabajo se presentan los resultados del cálculo del método autoconsistente de Sabina y Willis a suspensiones sólidas formadas por inclusiones sólidas (de un material elástico) de forma esférica de varios radios en una matriz elástica. Cuando los radios de dos especies de esferas son muy disímiles, se observan patrones distintivos de resonancias correspondientes tanto a las esferas grandes como a las chicas, ambas a igual concentración volumétrica. Para tres especies se distingue que, a medida que la densidad de masa de las esferas grandes disminuye también lo hace la rapidez de fase de la suspensión. Por otra parte, hay otras resonancias notables que se relacionan con los diferentes radios. Estas observaciones sugieren la caracterización de ciertas propiedades de una suspensión por medio de curvas típicas de dispersión y atenuación.

SL.13

### CURVAS DE DISPERSIÓN PARA SISMOS RECIENTES EN MÉXICO

Carlos Fuentes V., Javier F. Pacheco, Shri K. Singh.  
Instituto de Geofísica, UNAM.

De Septiembre de 1995 a Febrero de 1996 se produjo en

México una importante actividad sísmica en la zona de subducción de las costas del Pacífico. Tres eventos de magnitud mayor a 7 (Mw) se generaron en Manzanillo, Colima; Copala, Guerrero y Pinotepa Nal., Oaxaca. La magnitud de estos eventos dio oportunidad para que el Servicio Sismológico Nacional en colaboración con el Centro Nacional de Prevención de Desastres instalara redes sismológicas portátiles para localizar las réplicas de los eventos de Manzanillo y Guerrero. Las réplicas de los eventos fueron registrados por las estaciones de banda ancha del Servicio Sismológico, localizadas en Iguala, Gro., Yautepec, Mor. y Morelia, Mich.

Se determinaron las curvas de dispersión de los eventos registrados, utilizando el método de filtrado múltiple (Dziewonski et al., 1969), así como el método de apilamiento ("stacking") para la dispersión de velocidad de grupo, a lo largo de tres trayectorias en el Sur de México: 1) Costas de Guerrero-Oaxaca hasta el Sur del Eje Neovolcánico Mexicano; 2) Costas de Colima hasta Iguala, Gro. y 3) Costas de Colima hasta Morelia, Mich. Las curvas de dispersión de velocidad de grupo para las ondas Rayleigh son similares en un rango de 5 a 50 segundos para las distintas trayectorias. Sin embargo, para algunos eventos con epicentros alejados de la costa, las curvas de dispersión generadas están fuertemente contaminadas por la trayectoria oceánica difiriendo notablemente de las curvas de dispersión para las réplicas localizadas en la margen continental.

SL.14

### EFFECTOS DE SITIO TOPOGRÁFICOS. COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS QUE NO REQUIEREN SITIO DE REFERENCIA

M. Rodríguez, F.J. Chávez, E.H. Field y D. Hatzfeld.  
Depto. de Ingeniería Sismológica, Instituto de Ingeniería,  
UNAM, AP. 70-472, Ciudad Universitaria, México, D.F.

En este trabajo presentamos una comparación entre observaciones y modelado de efectos de sitio debidos a la topografía. Los datos que analizamos se obtuvieron durante una experiencia sismológica realizada en el verano de 1989 en Epiro (norte de Grecia). En ese estudio se instalaron diez sismógrafos digitales, autónomos, con registro de los tres componentes a lo largo de una sección EW de la colina, alargada en la dirección NS. La altura máxima de la colina es del orden de 250 m. Durante su operación, esta red registró 68 sismos locales. No fue posible utilizar la técnica estandar de cocientes espectrales para analizar los registros debido a la ausencia de una estación de referencia adecuada.

Debido a ello, hemos explorado el uso de dos técnicas diferentes que no requieren estación de referencia. La primera fue el cociente espectral de los componentes horizontales relativos al componente vertical registrado en el mismo sitio. Para ello se seleccionaron ventanas de 10 s alrededor de las máximas amplitudes en los registros y se estimaron los espectros de amplitud suavizados con el filtro de Ormsby con ancho de 1/3 de octava. Estos espectros de amplitud se utilizaron para calcular el cociente entre el horizontal y el vertical. La segunda técnica usada fue la de inversión generalizada que utiliza simultáneamente el espectro estimado de la ventana de ondas S de todos los registros. Los resultados del programa son el espectro de fuente (caracterizado



por dos parámetros del modelo omega cuadrada), el término de atenuación y el efecto de sitio en cada estación. El acuerdo que se obtiene en la estimación de efectos de sitio entre las dos técnicas es bueno. Los resultados empíricos fueron comparados con funciones de transferencia teóricas calculadas para un modelo 2D de la sección de la colina instrumentada. Al comparar los resultados notamos que los resultados teóricos presentan una fuerte dependencia con el ángulo de incidencia de las ondas consideradas como excitación que no permite una comparación detallada. Nuestros resultados indican que el desacuerdo reportado en la literatura entre amplificación observada y calculada, probablemente proviene de lo inadecuado de la técnica de cocientes espectrales con respecto a una estación de referencia para calcular efectos de sitio topográficos.

SL.15

### **SIMULACIÓN NUMÉRICA DE PROPAGACIÓN DE ONDAS EN MODELOS CORTICALES. IMPLICACIONES DE AMPLIFICACIÓN REGIONAL EN EL CENTRO DE MÉXICO**

Martín Cárdenas S.<sup>1</sup>, Francisco J. Chávez-García<sup>1,2</sup> y Alexander Gusev<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Coord. de Ingeniería Sismológica, Instituto de Ingeniería, UNAM, AP. 70-472, Coyoacán 04510, México D.F.

<sup>2</sup> Centro de Investigación Sísmica, Carretera al Ajusco 203, Tlalpan 14200, México D.F.

<sup>3</sup> Depto. de Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM, AP. 70-472, Coyoacán 04510, México, D.F.

Diferentes estudios han demostrado la existencia de una amplificación regional del movimiento sísmico en terreno firme en el centro de México. Su amplitud así como la banda de frecuencia en la que se presenta hacen de la amplificación regional un factor importante del riesgo sísmico que amenaza a varias ciudades del centro del país, incluyendo la Ciudad de México. Actualmente no existe una explicación generalmente aceptada del tal amplificación.

Resultados recientes sugieren que la amplificación regional está relacionada con la propagación de ondas superficiales afectada por probables heterogeneidades laterales en la estructura de la corteza bajo la porción central del Eje Volcánico Transmexicano. En este trabajo investigamos la propagación de ondas SH generadas por una fuente puntual en varios modelos preliminares de la estructura de la corteza en el centro de México. Los modelos fueron construidos tomando en consideración los datos disponibles. Investigamos el efecto sobre el movimiento sísmico de un gradiente lateral de velocidad y de la presencia de interfases que varían suavemente. No hemos incluido atenuación anelástica en nuestros modelos. Encontramos que la cercanía de la fuente a la interfase irregular es un factor importante que determina cuáles modos de ondas superficiales son excitados. La profundidad de la fuente ha sido mencionada (Singh et al., 1988) como una posible causa de la diferencia en amplificación sísmica observada en la ciudad de México entre los sismos del 19 y 21 de septiembre de 1985. Un resultado interesante es que la forma en que depende la amplificación en frecuencia en nuestros modelos, es similar a la dependencia en frecuencia observada en movimientos fuertes.

Nuestros resultados muestran que la heterogeneidad de la corteza es una posible causa de la amplificación regional. Sin

embargo, si esto es así, se requiere que tanto la geometría como la distribución de velocidad varíen entre la costa y la ciudad de México. Nuestros modelos permiten reproducir la dependencia observada de la amplificación sobre la frecuencia. Sin embargo, los valores de amplificación observados son mayores que los predichos. Esto puede indicar que nuestros modelos son muy simples (por ejemplo, se requiere análisis P-SV). Asimismo, es claro que se requieren datos adicionales sobre la estructura de la corteza en el centro de México y que estos serán importantes para comprender el fenómeno de amplificación regional.

SL.16

### **DURACIÓN DE LA FUENTE DE LOS SÍSMOS MEXICANOS**

S.K. Singh, J. Pacheco, F. Courboux, V. Kostoglodov and M.A. Santoyo.

Instituto de Geofísica, UNAM, C.U. 04510 México D.F.

Se estudió el ancho del pulso,  $T$ , y el momento sísmico,  $M_0$ , de los sismos mexicanos. Estos consisten en registros de aproximadamente 50 eventos ( $3.5 < M < 8.0$ ) con profundidades,  $H$ , entre 10 y 70 km. El ancho de los pulsos de unos 35 sismos fue determinado a partir de los registros de movimientos fuertes y/o de banda ancha. Para el resto de los eventos, estos fueron tomados de análisis de ondas de cuerpo telesísmicas disponibles en artículos publicados, o del catálogo de funciones de fuente de la Universidad de Michigan. Los momentos sísmicos fueron tomados, en caso de estar disponibles, del análisis de ondas de periodo largo telesísmicas, y en caso contrario, como en la mayoría de los eventos con magnitudes  $M < 5.5$ , fueron estimados de los mismos registros locales. Los datos sugieren una relación:  $M_0/(T^3) \sim 1 \times 10^{24}$  (dina-cm/seg<sup>3</sup>) que es la misma que la reportada para sismos mas profundos (la mayoría entre 50 y 125 km de profundidad) para la región de Kanto, Japón (Kikuchi e Ishida, 1993). Con esto, tanto los datos mexicanos como los japoneses muestran que la duración de la fuente escalada a un momento de  $10^{26}$  dina-cm,  $T_s$ , es de aproximadamente 5 s en el rango de 15 a 125 km de profundidad. Por otra parte, Vidale y Houston (1993), encuentran que la duración,  $T_s$ , promedia 11 s entre 100 y 300 km, pero decrece a 5.5 a 650 km de profundidad. Esto sugiere que la duración de sismos someros ( $15 < H < 125$  km) y profundos ( $400 < H < 650$  km) es aproximadamente la misma, aún cuando la duración de eventos, en un rango intermedio ( $125 < H < 300$  km), es anómalamente grande, o alternativamente, las fuentes son más complejas. Estos resultados tienen implicaciones directas en el proceso de ruptura de temblores de profundidades intermedias.

SL.17

### **CÁLCULO REGIONAL DEL CENTROIDE DE TENSOR DE MOMENTO SÍSMICO PARA SÍSMOS MEXICANOS**

Javier F. Pacheco y Luis Quintanar

Depto. Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM, Coyoacán, CP. 04510, México, D.F.

La determinación del mecanismo focal, el momento sísmico y la profundidad de centroide, para sismos de magnitud moderada, es de gran importancia para entender las fuerzas tectónicas generadoras de los sismos. La rápida determinación de estos



parámetros permite estimar el riesgo geológico, ocasionado por sismos, tales como maremotos y/o deslizamientos. El presente trabajo es un estudio de factibilidad para la implementación de un algoritmo de determinación del centroide de momento sísmico, utilizando la nueva red de sismógrafos de banda ancha del Instituto de Geofísica de la UNAM. Los sismos, de magnitud moderada, más significativos, ocurridos en México durante los años de 1995 y 1996, con solución de momento sísmico, determinada por la Universidad de Harvard, fueron seleccionados para estimar regionalmente los parámetros de centroide. Se utilizó una estructura simple obtenida a partir de dispersión de ondas superficiales por Campillo et. al. (1996), y un algoritmo de mínimos cuadrados para estimar el centro del momento sísmico, donde se comparan los sismogramas sintéticos con los sismogramas observados. Se realizaron pruebas filtrando los sismogramas con un filtro pasa banda, para períodos entre 30 y 50 segundos, 20 y 50 segundos y para 10 y 50 segundos. Las pruebas muestran que entre 30 y 50 segundos, donde las complicaciones de la estructura cortical no son significativas, se puede recuperar el mecanismo obtenido por Harvard, sin embargo solo sismos con magnitudes mayores a 5.2 son capaces de generar este tipo de ondas a distancias regionales con buena razón entre señal y ruido. Eventos de menor magnitud pueden estudiarse utilizando mayores frecuencias, sin embargo pequeñas desviaciones de la estructura respecto a la estructura utilizada producen grandes corrimientos en la fase, resultando en erróneas determinaciones del mecanismo de los sismos.

SL.18

### RADIACIÓN CUÁNTICO-ELECTROMAGNÉTICA DE ORIGEN SÍSMICO

Mario R. Araiza-Quijano y Gerardo Hernández-DelValle

El presente trabajo propone una explicación teórica de la luminosidad atmosférica observada antes y durante un evento sísmico. También se propone una técnica de observación para medir este fenómeno. Los sismos, como cualquier otro fenómeno natural, son precedidos por una serie de eventos que indican su proximidad. En particular, antes de un sismo una "luminosidad característica" puede ser observada a simple vista. Esta luminosidad se observa con una anticipación que va desde algunas horas hasta varios días. Este evento se ha registrado en sismos ocurridos en Tashkent; Spitak, Armenia, etc. Asimismo, cambios macroscópicos de los parámetros ionosféricos han sido estudiados en Alaska por Davies y Barker (1964). También, Warwick (1963) observó una anomalía en la absorción de radioemisión cósmica previo a un sismo en Chile.

El trabajo está dividido en 2 partes. La primera se refiere a una base teórica que pretende explicar la generación, propagación e interacción cuántica-electromagnética de la energía a través del medio sólido y la atmósfera. En la segunda parte del trabajo proponemos una técnica de observación basada en una técnica utilizada en radiación solar para estimar parámetros que ayuden en el problema de la anticipación sísmica.

SL.19

### SISTEMA DE INFORMACIÓN TEMPRANA Y DE AMBIENTE COLABORATIVO DE LA RED ACELEROMÉTRICA DEL EDIFICIO PCC

A. Reyes<sup>1</sup>, G. Díaz de Cossio<sup>1</sup>, J. Favela<sup>2</sup> y Teresa Soriano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Ingeniería Sísmica, CICESE

<sup>2</sup> Ciencias de la Computación, CICESE

A la ocurrencia de temblores capaces de ser sentidos con severa intensidad en la Ciudad de México, es importante contar con *información temprana* que permita a las autoridades de la Ciudad analizar bajo un *ambiente colaborativo e interactivo* toda la información disponible. A fin de tomar medidas tan importantes como son el desalojo de edificios públicos y/o la suspensión de servicios vitales para la Ciudad entre otras. Con este fin hemos desarrollado el sistema de información temprana el cual nos permite acceder a la instrumentación acelerométrica al estado del arte instalada en la Ciudad de México. Procesar los registros in-situ y transmitir por módem la información gráfica procesada a un directorio selecto de usuarios. La cual a su vez puede integrarse a la base de datos de cada una de ellas para su análisis bajo un *ambiente computacional colaborativo sincrónico*.

De esta manera las autoridades, los peritos y los especialistas en ingeniería, responsables de la seguridad sísmica de la Ciudad, pueden disponer de información temprana sobre las características mas dominantes y sobresalientes de la respuesta sísmica observada en los sitios instrumentados de la Ciudad y de algunos de sus edificios instrumentados. Analizarla en conjunto con sus bases de datos e inicializar bajo un ambiente computacional colaborativo el análisis integrado de la información disponible a fin de tomar decisiones documentadas desde sus propios sitios de trabajo; independientemente de su ubicación geográfica. El sistema de información temprana fue desarrollado para la red acelerométrica del edificio del Puesto central de Control del METRO; y, puede ser instalado sin mayor problema en la red de estaciones acelerométricas Fundación ICA que opera en la actualidad el CIRES. El sistema AGORA bajo el cual se genera el ambiente computacional colaborativo, se encuentra en su etapa de desarrollo experimental en laboratorio. Los resultados y ejemplos de la integración de ambos sistemas se presentan en este trabajo.

SL.20

### ANÁLISIS DE LA RESPUESTA DINÁMICA DEL EDIFICIO DEL PUESTO CENTRAL DE CONTROL DEL METRO Y DEL SUBSUELO EN SU VECINDAD

Alfonso Reyes

Depto. de Sismología, CICESE, AP. 2732, CP. 22860, Ensenada, B.C., México

Durante el periodo octubre 1993 - abril 1996, representativo de los primeros tres años de operación de la red acelerométrica del edificio PCC. Han ocurrido diez eventos sísmicos a lo largo de las costas de Guerrero y Oaxaca en el rango de magnitudes  $4.8 \leq M_w \leq 7.6$ . La respuesta sísmica correspondiente del subsuelo y del edificio PCC ha sido registrada por la mayoría de los instrumentos de la red. La red esta integrada nueve acelerómetros instalados en



el edificio interconectados a una base común de tiempo con los tres acelerómetros triaxiales instalados en el sitio PCC a 0mts, 20mts y 40mts de profundidad. La base de datos generada durante este período esta compuesta por 107 registros triaxiales (LON, TRA, y VER) de la mas alta calidad posible, en términos de registro pre-evento y post-evento, para permitir operaciones aritméticas entre los registros, integrarlos para estimar la velocidad y el desplazamiento del sitio de registro y calcular sus espectros de Fourier correspondientes. Las aceleraciones pico máximas registradas en el subsuelo a 20mts de profundidad y en el sexto piso del edificio varían de 2 cm/s<sup>2</sup> a 26.2 cm/s<sup>2</sup> en el sitio PCC y de 4.1 cm/s<sup>2</sup> a 45.6 cm/s<sup>2</sup> en el edificio. Los mayores niveles de aceleración se generaron durante el temblor de Cópala Gro de magnitud Mw=7.5 ocurrido del 14 de septiembre de 1995.

La base de datos se ha procesado para determinar las características dinámicas de la respuesta del edificio sobre base-rígida y el efecto de interacción suelo-estructura. Los registros de la respuesta sísmica del subsuelo en la vecindad del edificio y de la respuesta dinámica del edificio nos proveen con una visión integrada del efecto de las condiciones locales del subsuelo en la respuesta sísmica de estructuras cuya cimentación esta soportada por pilotes en los suelos blandos de la ciudad de México. En particular nos han permitido evaluar la confiabilidad de las estimaciones del periodo dominante de los suelos blandos y de las estructuras localizadas en la Zona del Lago de la Ciudad de México usando técnicas de vibración ambiental.

SL.21

### **EFFECTO DEL PARQUE INMOBILIARIO EN EL MOVIMIENTO DEL SUELO DE LA CIUDAD DE MÉXICO. RESULTADOS PRELIMINARES**

Maria Luisa Bermúdez<sup>1</sup> y Francisco J. Chavez-García<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería, UNAM, Ciudad Universitaria, 04510 México D.F.

<sup>2</sup> Centro de Investigación Sísmica, A.C., FJBS, Camino al Ajusco 203, 14200 Tlalpan, México, D.F.

Los efectos de la interacción suelo-estructura en la respuesta de inmuebles son reconocidos desde hace tiempo como efectos importantes que deban tomarse en cuenta en el diseño de las construcciones. Debido a ello, han sido objeto de numerosos estudios y publicaciones. Sin embargo, los efectos de interacción suelo-estructura en el movimiento del terreno alrededor de la estructura han recibido muy poca atención hasta ahora.

Las condiciones en las que los efectos de interacción suelo-estructura son mas importantes, son aquellos en las que estructuras masivas estan desplantadas sobre suelos muy blandos. Dichos efectos se favorecen asimismo, cuando los periodos naturales de las estructuras coinciden con los periodos naturales de las capas de suelo blando. Estas condiciones se satisfacen en la zona de lago del Valle de México. A pesar de ello, todos los estudios realizados hasta ahora sobre la respuesta sísmica del valle han ignorado la presencia en la superficie de las estructuras.

El objetivo de este estudio es analizar datos acelerográficos recopilados en la Ciudad de México para identificar y cuantificar efectos de interacción suelo-estructura en los registros de "campo libre". Los datos corresponden a los registros durante el sismo del

10 de diciembre de 1994 (Mc=6.3). El epicentro de este evento se localizo sobre la costa del Pacífico, al norte del estado de Guerrero. De este evento contamos con 80 registros de "campo libre", registrados por la Red Acelerográfica del Valle de México. Adicionalmente, se cuenta con registros en 54 acelerografos distribuidos en 8 edificios instrumentados. Los edificios están distribuidos en la zona de lomas (2 inmuebles), zona de transición (1 inmueble) y en la zona de lago (5 inmuebles). El primer paso del análisis fue identificar confiablemente las frecuencias correspondientes a los modos propios de vibración de las estructuras. En una segunda etapa, se analizaron cuidadosamente los registros de "campo libre" obtenidos en los alrededores de las estructuras con objeto de identificar en ellos el movimiento generado por la vibración de la estructura. Finalmente, realizamos un análisis en el dominio del tiempo. Para ello fue necesario asignar una escala de tiempo común a los registros, basandonos en la identificación del pulso correspondiente al modo fundamental de ondas Rayleigh propagandose desde la fuente. Una vez asignado el tiempo, fue posible analizar ventanas de tiempo entre estaciones cercanas a las estructuras con objeto de identificar trenes de onda propagandose radialmente a partir de la estructura. En este trabajo se reportan los resultados obtenidos para dos de las estructuras instrumentadas. Los resultados obtenidos hasta ahora indican que los efectos de interacción suelo-estructura son importantes y es posible identificarlos en los registros de "campo libre". A reserva de confirmar estos resultados al incorporar las estructuras restantes al análisis, podemos concluir que la presenica de las estructuras si contribuye al movimiento del terreno en la zona de lago. Resta asimismo, cuantificar la magnitud de dichos efectos en función de los diferentes parámetros del problema para determinar hasta que punto los efectos de interacción suelo-estructura contribuyen a las grandes duraciones del movimiento sísmico observado en zona de lago.

SL.22

### **COMPARACIÓN DE MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD DE PENDIENTES BAJO SOLICITACIONES SÍSMICAS.**

Juan Carlos Montalvo-Arrieta y José Guadalupe Acosta-Chang

Depto. de Sismología, CICESE. AP. 2732, Ensenada, B.C., 22860 México

En la literatura existen algunos métodos para llevar a cabo el análisis dinámico de estabilidad de laderas; en este trabajo se presenta la comparación de las características y resultados de aquéllos con un nuevo método que proponemos. Los métodos que se comparan en este trabajo tienen en común los siguientes elementos: 1) el uso de una carga sísmica como el elemento desestabilizador, 2) evaluación del Factor de Seguridad Estático (FS) como paso previo a la aplicación del análisis dinámico, 3) el factor sísmico produce variación del FS, 4) la sollicitación sísmica puede ser especificada a partir de un terremoto real o propuesto y 5) los métodos son aplicados a deslizamientos del tipo rotacional. Las diferencias entre los métodos son: i) el tipo de sollicitación aplicada, ii) la evaluación y aplicación de la sollicitación sísmica, iii) la manera de introducir los efectos de sitio y atenuación inelástica y iv) uso de diferentes parámetros para la caracterización del riesgo de deslizamiento.



Resumiremos los métodos desde el punto de vista de sus diferencias. El método de Borg requiere una energía con carácter vectorial, calculada mediante el uso de parámetros no bien definidos para cualquier región del mundo, la aplica sobre un elemento de volumen, el efecto de sitio lo introduce por medio de consideraciones geométricas y finalmente el riesgo de deslizamiento lo especifica a través del Factor de Seguridad Dinámico. El método de Newmark no aplica una sollicitación sísmica sobre la ladera, sino que estima la sollicitación sísmica mínima necesaria para producir la inestabilidad, a través de la aceleración horizontal. Nuestro método utiliza energías sísmicas escalares que son aplicadas a un elemento de volumen normal a la superficie de deslizamiento, los efectos de atenuación inelástica y sitio son introducidos por medio de ecuaciones predictivas y mapas de velocidades superficiales de ondas de corte y el riesgo de deslizamiento lo caracterizamos a través de un nuevo parámetro que proponemos para facilitar la evaluación de grandes áreas. Aplicamos estos métodos en un caso de deslizamiento inducido por sismo muy documentado en la literatura y los resultados con nuestro método resultan más creíbles a la luz de las observaciones de campo. Finalmente presentamos la comparación de los resultados obtenidos con los diferentes métodos en el estudio de una área extensa que incluye la ciudad de Tijuana; el método de Borg subestima el riesgo sísmico de deslizamiento y el método de Newmark nos permite corroborar la existencia del peligro sísmico para la estabilidad de laderas.

SL.23

#### EVENTOS SÍSMICOS WESTMORLAND DE NOVIEMBRE DE 1987 Y SUS EFECTOS EN EL VALLE DE MEXICALI

Martín Corona-Ruiz  
C.F.E., Residencia de Estudios, Cerro Prieto

Los eventos sísmicos Westmorland forman parte de los tres sismos más intensos registrados durante 1987 ( $ML > 5$ ) y, a diferencia del de Febrero del mismo año (Sismo Cerro Prieto), éstos están relacionados con acomodamientos de la falla Imperial, misma que es parte del sistema de fallas San Andrés, con rumbo NW-SE. Los movimientos fueron registrados por las estaciones de microsismicidad denominadas D09 (Ejido Nuevo León) y QKP (Cucapa), en la periferia del Campo Geotérmico. En este informe nos referimos específicamente a los sismos de mayor intensidad que se registraron los días 23 y 24 de noviembre a las 17:54 y 5:15 Hrs. (hora local) respectivamente. Al primero se le registró una magnitud  $ML=5.8$  en la escala de Richter y el epicentro se localizó en las siguientes coordenadas:  $33^{\circ} 5'$  latitud Norte;  $115^{\circ}46.5'$  longitud Oeste, o sea a 13.7 Km al  $N55^{\circ}W$  de Westmorland, Ca., EUA. La magnitud del segundo fue  $ML=6.0$  en la misma escala, localizándose su epicentro a  $32^{\circ}08'$  latitud Norte y  $115^{\circ}50.3'$  longitud Oeste. Ésto es 18.3 Km. al  $S81^{\circ}W$  de Westmorland, California. Los datos anteriores están basados en información proporcionada por CICESE.

Este trabajo se inició efectuando un reconocimiento en el campo geotérmico poniendo especial atención en las obras civiles. Posteriormente el reconocimiento se llevó a cabo en el valle, apoyándonos en la información proporcionada verbalmente por habitantes de distintos Ejidos, así como por informes donde se indican fracturamientos registrados anteriormente. Sobre el campo geotérmico se observaron algunas fracturas aisladas, sin que

afectaran las instalaciones, pero entre los Ejidos Saltillo y Guerrero se registró fracturamiento en superficie con casi 2.5 km de longitud y hasta 4 cm de desplazamiento vertical, con orientación oblicua a la traza de la falla Imperial. Ésto se ha venido registrando desde el estado de California, E.U.A.

SL.24

#### DESPLAZAMIENTO VERTICAL EN LA PARTE SUR DE LA FALLA IMPERIAL-MEDIO AÑO DE MEDICIONES CON UN GRIETÓMETRO.

E. Glowacka  
Depto. Sismología, CICESE, AP. 2732, Ensenada, B.C., México

Un movimiento vertical, con descenso hacia al oeste, en la parte sur de la falla Imperial, fue observado desde 1977 y medido desde 1987 en el Ejido Saltillo (BC). Mediciones hechas con una cinta métrica y con nivelación de primer orden mostraron una velocidad mediana de aproximadamente 10 cm/año (Glowacka and González, 1995).

En febrero 1996 CICESE instaló un grietómetro (crackmeter) en el mismo segmento de la falla Imperial, para hacer mediciones continuas de deslizamiento vertical. La precisión de las mediciones es de 0.1 mm y el intervalo de muestreo fue regularmente de 5 minutos.

El deslizamiento total observado entre febrero y agosto 1996 fue de 42.4 mm, equivalente a 8.5 cm/año, valor muy cercano a 10 cm/año para el periodo 1987-1995.

Se han observado dos diferentes tipos de comportamiento de la falla:

- deslizamiento constante (steady creep), que ocupa casi todo el tiempo de observación y tiene velocidad de entre 0 y 0.05 mm/día.
- deslizamiento episódico (episodic slip), durante el cual, en un tiempo relativamente corto (algunas horas, hasta 4 días), el grietómetro mide una extensión de entre 1 y 30 mm. La velocidad de este movimiento varía entre 0.02 y 6 mm/hora.

Entre eventos episódicos, el deslizamiento constante mantiene constante su velocidad.

SL.25

#### SISMICIDAD OBSERVADA EN JUNIO, 1996 EN MESA DE LEÓN, QRO.

D. Santamaría, E. Lomas, F. Aguilar  
CFE, GEIC, Insurgentes Sur 949 4° piso Col. Cd. de los  
Deportes, CP. 03810 México D.F.  
E-mail: auribe@cfe.gob.mx

La meseta llamada Mesa de León está ubicada al noroeste de la cortina de la presa de Zimapán, en los límites de los estados de Hidalgo y Querétaro. La sismicidad local fue registrada a partir de 1987, la cual se reportó en el informe ejecutivo sobre los estudios sismotectónicos en la Central Hidroeléctrica Zimapán; donde se muestra que los focos sísmicos en esta área antes y durante el



llenado del embalse, nunca fueron reportados como perceptibles debido a su baja magnitud y a que originalmente estaban en una zona de desarrollo agropecuario con una decena de habitantes.

En nueve años de observación sísmica de la región no se había detectado actividad de magnitud mayor de 3.5; pero el 3 de junio de 1996 a las 12:53 h (Tiempo Universal) ocurrió un temblor el cual se le asignó una magnitud coda de 4.3. Posteriormente el 5 de junio ocurrió otra disipación de energía, causando otro temblor a las 09:40 h (T.U.) con magnitud 4.2. Para la localización de estos sismos se recabaron datos de las redes sísmicas tanto de CFE como de la UNAM. Los resultados muestran que los epicentros de los sismos principales y las réplicas de mayor tamaño, se localizan hacia el norte y noroeste de la Mesa y se asocian con una estructura de mecanismo normal con orientación NW-SE.

SL.26

### **EFFECTOS EN EL TERRENO DEL SISMO DEL 5 DE JUNIO, 1996, VISTA HERMOSA, ESTADOS DE QUERÉTARO E HIDALGO**

Carrillo, M.M.  
Instituto de Geología, UNAM

Varios sismos moderados ocurrieron en la primera semana de junio de 1996 en la región limítrofe de los Estados de Hidalgo y Querétaro. El de mayor magnitud (4.2 Mc) tuvo lugar el 5 de junio, con epicentro en el nuevo poblado de Vista Hermosa. El fenómeno produjo agrietamientos en el terreno y una docena de deslizamientos de rocas de hasta ~2,000 m<sup>3</sup> de volumen. En tres sectores de ~150 m de largo en dirección E-W por 80-100 m de ancho ocurrió expansión lateral, hundimiento relativo, ambos de hasta 2-3 m misma magnitud de la profundidad de las grietas y pérdida de cohesión del terreno natural y artificial poco consolidado, pobremente cementado y de débil cohesión. Las tres áreas están situadas en las márgenes del vaso de la Presa de Zimapán entre las fallas A y B de la semifosa tectónica de Aljibes: i) en El Arenal, ii) un kilómetro al oriente del Cañón del Infiernillo sobre la traza de la falla A y iii) 500 m al norte del rancho inundado de La Vega. Otra zona de agrietamiento se observa en las proximidades de la falla B al sur del Cañón del Infiernillo, pero su formación ya había sucedido con anterioridad al sismo. Los derrumbes de rocas ocurrieron en las vertientes abruptas de los basaltos de Mesa de León y en las rocas margo-arcillosas Cretácicas de la Formación Soyatal, en particular al norte del nuevo poblado de Vista Hermosa y en la vertiente sur-oriental de éste rasgo fisiográfico. Otros derrumbes de rocas se observaron en el cerro al norte del Arenal, al norte de Carricillo y al oriente de Maconí.

SL.27

### **INTERSEISMIC VERTICAL DEFORMATION IN THE GUERRERO SEISMIC GAP, MEXICO**

V. Kostoglodov, A. Gorbatoov and J. Mimiaga  
Instituto de Geofísica, UNAM, C.U., Del. Coyoacan, 04510,  
México, D.F., México

The Costa Grande of the Pacific coast of México is recognized as the "Guerrero" seismic gap with a high probability of occurrence of large subduction type earthquake ( $M > 8.0$ ), similar to the  $M_s = 8.2$  September 19, 1985 Michoacan event. A study of vertical

surface deformation along the profiles crossing the coast could provide an important data for understanding the long term interseismic process of elastic strain accumulation. Four (first order) leveling lines are installed in the Guerrero and Michoacán states. These profiles of 10-15 km length (benchmarks, every 1 km along the profile) are located: south of Acapulco, in the middle of the seismic gap (Atoyac), in northern part of the gap (Barra de Potosí) and near Playa Azul (the central part of the rupture zone of 1981 and 1985 Michoacán earthquakes). Up to date, one year period accurate leveling surveys have been carried out on three of these profiles (Acapulco, Atoyac in Guerrero and Playa Azul in Michoacán). Electronic digital level Zeiss DiNi 10 used for the measurements yields the misclosure less than 2 mm/km (BFBF method of measurements). Vertical strain rate across the Guerrero coastal region determined through the changes in repeated leveling surveys indicates that the accumulation of elastic strain is taking place in the gap. A relative rate of coastal uplift is of ~2-3 mm/yr on the base of ~10 km. The uplift rate is decreasing rapidly landward. These results are compared with the vertical strain rate distribution calculated from the elastic dislocation model for different subduction thrust fault angles and various widths and locations of the locked zone. The model with the thrust fault angle of ~8deg and the locked zone of 60 km width starting at 20 km from the trench axis gives the best fit to the observed data. This geometry of the trust fault and the size of the locked zone is in agreement with the seismicity data and the subduction interface model based on the gravity data interpretation.

SL.28

### **EL SISMO DE JALISCO DEL 9 DE OCTUBRE DE 1995 Y LOS REGISTROS OBTENIDOS EN LA RED ACELEROGRAFICA DE JALISCO**

M. Chavez<sup>1,2</sup>, R. Ramirez<sup>2</sup> y M. Villegas<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones para la Ingeniería A.C.

El 9 de octubre de 1995 ocurrió un sismo en las costas de la región Colima-Jalisco que causo pérdidas de vidas humanas y daños de importancia en dicha región. El sismo tuvo una magnitud  $M_s = 7.6$ , una profundidad de 16 km y su epicentro en las coordenadas 18.7°N, 104.3°W de acuerdo con el SSN. El evento fue registrado en las 13 estaciones de la Red Acelerografica de Jalisco, del Instituto de Investigaciones para la Ingeniería, A.C. de Guadalajara, Jal. Las estaciones de la red se encuentran distribuidas como sigue: once estaciones de superficie se localizan en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) Chavez (1993, 1994); una estación en Cd. Guzman y otra en Puerto Vallarta, Jal. Además la estación Colegio de la ZMG cuenta con dos acelerografos de pozo, uno a nueve metros de profundidad (en un estrato de suelo) y la otra a 35 m de profundidad (en roca basáltica). Los instrumentos de superficie son acelerografos digitales SSA-2 de Kinematics, los cuales cuentan con 3 acelerometros FBA23, dos horizontales ortogonales y uno vertical. Los acelerografos de pozo también son de Kinematics y tienen el mismo tipo y arreglos de acelerometros.

En este trabajo se presentan los siguientes resultados del procesamiento de las señales registradas en la Red Acelerografica de Jalisco durante el sismo del 9 de octubre de 1995: las historias de aceleración, velocidad y desplazamiento; los espectros de amplitudes de Fourier de Aceleraciones; los espectros de respuesta



de aceleraciones; finalmente se incluyen las funciones de amplificación de los espectros de Fourier y de respuesta.

Entre otros resultados de la mencionada información se tienen los siguientes:

- 1) Las aceleraciones máximas registradas en la ZMG fluctúan entre 6 y 25 cm/s<sup>2</sup>, el primer valor corresponde a registros obtenidos en roca o terreno firme y el segundo a los registros de estaciones localizadas en suelos típicos (jales) de la ZMG, con profundidades a la roca que varían de 10 a 100 m.
- 2) En Puerto Vallarta y Ciudad Guzmán las estaciones se encuentran sobre suelos con espesores de decenas de metros sobre roca, en este caso las aceleraciones máximas fueron de 125 y 55 cm/s<sup>2</sup>.
- 3) Los valores de las funciones de amplificación de los espectros de respuesta en las estaciones de la ZMG (cociente que resulta de dividir los espectros de estaciones en suelo entre el espectro de estación en roca) varían entre 2 y 10 veces, para una banda de frecuencias analizada de 0.1 a 25 Hz.



VUL.01

# EL VOLCÁN LA JOYA (QUERÉTARO-GUANAJUATO), EVOLUCIÓN VOLCÁNICA Y GEOQUÍMICA DE UN VOLCÁN ANTIGUO DEL CINTURÓN VOLCÁNICO MEXICANO

Gabriel Valdéz-Moreno<sup>1,2</sup>, Gerardo J. Aguirre-Díaz<sup>1</sup>, y Teresa Orozco-Esquivel<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Estación Regional del Centro, Instituto de Geología, UNAM.  
E-mail: gjad@servidor.unam.mx.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares.

El volcán La Joya es un estratovolcán de grandes dimensiones localizado al norte de la Ciudad de Querétaro, y sobre la prolongación del sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende. Aparentemente, este sistema termina antes de llegar al volcán. La Joya es uno de cuatro grandes volcanes ubicados en el borde norte del sector central del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM), Palo Huérfano, San Pedro, y El Zamorano. Palo Huérfano está fechado en 11 Ma (Pérez et al., en prensa) y lavas de la base de El Zamorano tienen alrededor de 11 Ma (Carrasco, 1989). Fechamientos para La Joya están en proceso. Por su similar morfología y grado de erosión que el Palo Huérfano, es probable que sean de la misma edad. Además el flanco sur de La Joya está cubierto por basaltos de 8.1 Ma (Ferraí et al., 1994). En general puede inferirse que estos cuatro volcanes son del Mioceno medio dadas sus similitudes en posición estratigráfica y avanzado grado de erosión.

La evolución volcánica de La Joya es la siguiente: 1) La presencia de un domo alto, andesítico, previo al desarrollo del volcán, pero sobre del cual se formó éste. El domo fue parcialmente cubierto por los productos postteriores de La Joya. La parte expuesta del domo forma el flanco NE del volcán. 2) Volcanismo explosivo aparentemente pliniano, que originó depósitos de pómez de caída y una ignimbrita que está expuesta sólo en las proximidades del volcán y cuya distribución no se conoce ya que quedá cubierta por productos más recientes del mismo volcán y de otras fuentes. Se observa una brecha litica de rezago con bloques de lava de composición intermedia en sus facies próximas. 3) Una secuencia de derrames de lava viscosa, formaron varios lóbulos de corta extensión pero de espesor potente alrededor del volcán. Los derrames son andesíticos con fenocristales de plagioclasa y ortopiroxeno, y comunmente lajeados. En algunos sitios contienen abundantes xenolitos de rocas ígneas con textura entrecruzada de plagioclasa, magnetita, piroxeno y vidrio, posiblemente provenientes de las paredes de la cámara magmática del mismo volcán. 4) Derrames muy viscosos de lava dacítica con plagioclasa, hornblenda y ortopiroxeno, formaron lóbulos de muy corta extensión y fuertes espesores alrededor del volcán, sobreyaciendo a los derrames andesíticos. Presentan el aspecto de coladas (coulees) asociadas a domos exógenos. Dada su alta viscosidad, los derrames se autobrecharon al ir avanzando, dando lugar a lo que se conoce como brechas de desintegración. 5) Formación de un circo de erosión en la cima del volcán que actualmente tiene 5 km de diámetro.

Los productos del volcán La Joya son calcoalcalinos, con las características típicas de magmas generados en zonas de subducción, como son el empobrecimiento relativo de los HFSE (Nb, Ti) y el enriquecimiento relativo de los elementos litófilos (K,

Rb). En diagramas multielementales se observa además una anomalía negativa de P, sugiriendo extenso fraccionamiento de apatita. Los primeros derrames son andesita con ortopiroxeno y los últimos son dacitas con hornblenda. Se observa un rango de SiO<sub>2</sub> de 60-65 wt.%. Los contenidos de MgO, FeO, CaO, MnO, Ti, V, Co, Ni y Zn disminuyen con el tiempo, mientras que Na<sub>2</sub>O aumenta. Por otro lado, K<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Rb, Ga, Nb, Zr, e Y se mantienen constantes.

El volcán La Joya presenta características tanto de estratovolcán como de domo exógeno. Las lavas emitidas tuvieron una alta viscosidad de composición intermedia-ácida calcoalcalina. Además tuvo un episodio temprano importante de volcanismo explosivo. Comparando sus características con los otros volcanes, Palo Huérfano, San Pedro y El Zamorano, se observan algunas similitudes en el estilo del volcanismo y en la composición y aspecto de los productos. A excepción hecha por El Zamorano, que además incluye productos riolíticos (Carrasco, 1989). Sin embargo, puede inferirse que la composición y estilo del volcanismo ocurrido durante las fases tempranas del CVM en este sector fue muy parecido al representado por el volcán La Joya.

VUL.02

## PARÁMETROS GEOQUÍMICOS CORRELACIONADOS CON LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA

Nora Cenicerós y M.A. Armienta  
Instituto de Geofísica, UNAM, CU., México D.F. 04510

A pesar de la dificultad de pronosticar erupciones volcánicas debido a factores intrínsecos variables como tiempo, lugar y carácter de la actividad volcánica, se han registrado datos estadísticos provenientes de análisis geoquímicos, que si bien no predicen la erupción, si se han relacionado directamente con la naturaleza e intensidad de la misma. Existen ciertas especies químicas que exhiben marcadas respuestas a actividades eruptivas. Análisis químicos de aguas provenientes de lagunas cratéricas y manantiales cercanos al edificio volcánico, han demostrado la cercana correlación que existe entre la composición química de los cuerpos de agua con la actividad volcánica. Iones como magnesio, cloruros, sulfatos, oxianiones de azufre y parámetros como pH y temperatura, han sido indicadores importantes para la predicción de inminentes peligros volcánicos. Se presentan los procesos de formación dinámica de estas especies en función de la actividad del volcán y el tipo de determinación analítica de las mismas.

VUL.03

## CHEMISTRY OF HIGH-TEMPERATURE GASES AND SUBLIMATES FROM COLIMA VOLCANO, MEXICO

Y.A. Taran<sup>1</sup>, J.C. Gavilanes<sup>2</sup>, E. Lunejeva<sup>3</sup> y F. Goff<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup> CVO, Universidad de Colima, Colima, México

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

<sup>4</sup> Los Alamos National laboratory, NM, USA

Volcan de Colima (103°37'W, 19°30'N) is considered the most active volcano in México. The summit dome of the volcano is degassing intensively during all time of observations since 1982. Samples of gas and condensates were taken in January, May and August 1996 from two fumarolic fields with gas temperatures in



the hottest fumaroles of 850 and 402°C, respectively. All fumarolic gases at Colima volcano are very diluted by air (>95 mol%), therefore, to collect at least acidic species we have pumped gas through pre-weighed glass traps with 5N NaOH solution.

The average composition of gas from the 850°C fumarole (without non-condensable components) in mmol/mol is:  $H_2O=965$ ,  $CO_2=17.6$ ,  $SO_2=12.7$ ,  $HCl=4.4$ , and  $HF=0.35$ , that is, in general, similar to the composition of high-temperature gases from other volcanoes of continental margins and island arc (subduction type). However, water isotopic composition ( $\delta D=-50$  permil,  $\delta^{18}O=+7$  permil, V-SMOW) differs from that of "andesitic" waters ( $\delta D>-30$  permil). The difference may be the result of degassing of the dome material, but the observing high flux of  $SO_2$  (up to 200 t/d) does not consist with the "closed system" degassing, suggesting a considerable contribution of magmatic gases from the depth.

A silica tube experiment at the 850°C fumarole indicates highly oxidizing conditions inside the dome due to magmatic gas-air interaction. Instead of the common halite/silvite/tridimite/sulfides mineralization, main sublimates on the inner wall of the silica tube in the range 850 to 500°C are potassium thenardite with a minor amount of sulfates and chlorides of Ti, Cu, Zn, Fe, and V.

VUL.04

#### HISTORIA ERUPTIVA DEL NEVADO DE TOLUCA, ESTADO DE MEXICO

Arce, J.L.<sup>1</sup>, Macías, J.L.<sup>2</sup>, García, A.<sup>1</sup> y Espíndola, J.M.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Instituto de Geofísica, UNAM, Coyoacán, CU. 04510 México, D.F.

El Volcán Nevado de Toluca (19°06'N y 99°46'O, 4565 msnm) descansa sobre un sustrato de edad mesozoica constituido por la Secuencia Volcanosedimentaria Metamorfizada Ixtapan-Teloloapan de edad Jurásico Tardío-Cretácico Temprano y por la Formación Morelos de edad Albiana, presenta además un sustrato del Terciario constituido por la Formación Tilzapotla de edad Oligocénica y por una secuencia basáltica de edad Miocénica. Los productos del Nevado de Toluca abarcan un intervalo de edad que va del Pleistoceno Tardío al Holoceno, en el que el evento más reciente ocurrió hace 11,600 años\*. Estudios estratigráficos recientes indican que la actividad del Nevado de Toluca ha sido más compleja que la reportada en estudios previos, la cual se puede resumir de la base a la cima de la siguiente manera: a) Construcción del volcán primitivo a partir de efusiones lávicas de composición andesítica y dacítica de edad aproximada a 1.5 ma\*\*, con secuencias volcanoclásticas espesas, dominadas por lahares; b) Destrucción del volcán primitivo al menos en dos ocasiones con la producción de avalanchas de escombros de edad >28,000 años, ampliamente distribuidas al sur del volcán hasta distancias de 55 km; c) Intrusión de un domo de composición dacítica y su destrucción subsecuente por una erupción peleana ocurrida hace 28,000 años, la cual depositó flujos de bloques y cenizas y surges alrededor del volcán hasta distancias mínimas de 15 km.; d) Erupción de tipo pliniana ocurrida hace aproximadamente 24,500 años\*, la cual arrancó fragmentos del basamento metamórfico y depositó material de caída cubierto por capas delgadas de surges, principalmente hacia la parte NE del volcán (Pómez Toluca Inferior); e) Erupción pliniana

(~26,000 años) que depositó principalmente hacia el ESE horizontes delgados de pómez de caída de color blanco y surges ricos en cristales, sobreyacidos por un potente horizonte de flujo piroclástico rico en pómez blanca; f) Erupción pliniana (~11,600 años) la cual formó una gran columna eruptiva con tres pulsaciones importantes, que depositaron horizontes de pómez de caída asociados a surges, sobreyacidos por varias unidades de flujo piroclástico ricos en pómez de color rosa que representan el colapso de la columna eruptiva; g) El evento final reportado en el Nevado de Toluca lo constituye la intrusión del domo dacítico central, "El Ombligo", hace 11,600 años cuando más.

\* Bloomfield, K., and Valastro, S. (1977) Late Quaternary tephrochronology of Nevado de Toluca volcano, central Mexico. *Overseas Geol. Min. Res.*, (46), 15 p.

\*\* Cantagrel, J.M., Robin, C., and Vincent, P. (1981) Les grandes etapes d'évolution d'un volcan andésitique composite: Exemple du Nevado de Toluca. *Bulletin of Volcanology*, 44: 177-188.

VUL.05

#### ACTIVIDAD PLINIANA DEL VOLCÁN LA VIRGEN, COMPLEJO VOLCÁNICO DE TRES VIRGENES (BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO): MECANISMOS ERUPTIVOS Y EVOLUCIÓN MAGMATOLÓGICA

Capra, L.<sup>1</sup>, Macías, J.L.<sup>2</sup>, Espíndola, J.M.<sup>2</sup> y Siebe, C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Posgrado en Ciencia de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup> Instituto de Geofísica, UNAM, Coyoacán, CU. 04510 México, D.F.

El Complejo Volcánico Cuaternario de Tres Virgenes está localizado en la península de Baja California (N 24°, W 112°), en proximidad de dos estructuras caldéricas cuaternarias: La Reforma y El Aguajito. Este complejo está compuesto por tres aparatos volcánicos (El Viejo, El Azufre y La Virgen) alineados en dirección NE-SO. El edificio más joven, la Virgen, estuvo caracterizado por actividad efusiva bimodal (andesítico-dacítico) la cual fue interrumpida por una etapa explosiva que puede resumirse de la siguiente forma:

a) Actividad pliniana con la formación de un depósito de caída cuya unidad principal de pómez tiene un espesor máximo de 10 m y una alternancia de unidades de caída de pómez y surges. El depósito tiene un volumen aproximado de 0.8 km<sup>3</sup>, con eje de dispersión hacia el SO.

b) Actividad explosiva de tipo vulcaniano que produjo una alternancia de capas de surges y horizontes de caída con abundantes escorias, pómez bandeadas y líticos juveniles de composición riolítica con textura afírica y con fracturamiento tipo corteza de pan. La secuencia concluye con un depósito parcialmente soldado de flujo de escorias y líticos.

Esta actividad explosiva estuvo caracterizada por las siguientes fases eruptivas: 1) actividad hidromagmática inicial asociada a la apertura del conducto volcánico, 2) actividad pliniana con la formación de una columna que alcanzó alturas estratosféricas y dispersión hacia el SO, 3) actividad hidromagmática subpliniana que originó pequeñas columnas con dispersión hacia el S-SE, 4)



inicio de una actividad vulcaniana caracterizada por numerosos pulsos explosivos y emisión de líticos balísticos, 6) emplazamiento de un flujo de escoria en la porción NO del edificio.

Los análisis químicos de los productos juveniles indican que la actividad explosiva fue causada por un proceso de mezcla de magmas debido a la intrusión de un líquido andesítico en una cámara magmática zonificada de composición dacítico-riolítica.

VUL.06

## REINTERPRETACIÓN DE LA ERUPCIÓN DE 1982 DEL VOLCÁN CHICHÓN, CHIAPAS

Macías, J.L.<sup>1</sup>, Espíndola, J.M.<sup>1</sup> y Sheridan, M.F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM, Coyoacán 04510, México

<sup>2</sup> Geology Department, SUNY at Buffalo, USA.

El Volcán Chichón ubicado en la porción noroeste del Estado de Chiapas, despertó violentamente el 28 de Marzo de 1982 después de 550 años de inactividad. Del 28 de marzo al 4 de abril ocurrieron alrededor de 10 eventos sísmicos de los cuales únicamente cuatro generaron productos piroclásticos que arrasaron nueve poblaciones y terminaron con la vida de 2,000 personas. Las erupciones más violentas (VEI=4) ocurrieron el 4 de abril (01:35; 11:45 GMT) y dispersaron una secuencia compleja de depósitos de caída, flujos y surges.

Nuestros estudios vulcanológicos indican que la alta explosividad de estos eventos fue debida a explosiones freatomagmáticas producidas por interacción agua-magma las cuales destruyeron grandes partes del domo central que obstruía el volcán así como porciones del sistema hidrotermal. Estos eventos dispersaron oleadas piroclásticas "surges" parcialmente dirigidas hacia el sur que alcanzaron velocidades superiores a los 100 m/s y llegaron hasta distancias de 8 km. Los depósitos tienen estratificación cruzada, acúñamiento, lapilli acrecional, y carbón, además están compuestos por illita y smectita (producto de la alteración hidrotermal a temperaturas mínimas de 150°C). Estas explosiones limpiaron el conducto volcánico y ocasionaron una descompresión súbita del sistema magmático originando el ascenso rápido de magma que se mezcló con remanentes del domo central y formó una serie de flujos piroclásticos incandescentes que se movieron a lo largo de las cañadas principales. Los depósitos generados son masivos, rellenan valles hasta de 20 m y alcanzaron distancias de 10 km desde la cima. Bajo condiciones favorables se formó una columna pliniana que emplazó pómez de caída con una dirección preferencial hacia el NNE.

VUL.07

## GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN LAS INMEDIACIONES DEL VOLCÁN EL CHICHÓN, ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO

García, A.<sup>1</sup>, Macías, J.L.<sup>2</sup> y Espíndola, J.M.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Instituto de Geofísica, UNAM, CU., Coyoacán, México, D.F.

El Volcán Chichón forma parte de la cadena Volcánica Chiapaneca, la cual esta constituida por una serie de volcanes complejos de bajo relieve y pequeño volumen, cuya edad varía del Cuaternario al Reciente. La posición tectónica del volcán se ubica

dentro de la provincia de fallas de transurrencia, caracterizada por una serie de bloques levantados y hundidos y delimitados por fallas de tipo lateral izquierdo y rumbo de N60°W. Asociadas a estas fallas se encuentran una serie de pliegues con arreglo "en echelon", con las que forman un ángulo que varía entre 30° y 40°, el estilo de plegamiento se caracteriza por ser abierto, recto, ligeramente asimétrico y con ejes buzando hacia el NE.

La deformación frágil se manifiesta dentro del contexto geológico del volcán, en forma de fallas inversas laterales y normales. Estas últimas están al sureste de la región, cerca del poblado de Chapultenango, donde presentan un rumbo de N55°E, con un buzamiento de sus planos hacia el NW, formando un semigraben en dirección al volcán. Este semigraben constituye una zona de extensión cortical que en conjunto con otras estructuras como el eje de un sinclinal y una falla desplazamiento derecho, que se interceptan en la parte central del volcán, están relacionados con el emplazamiento y evolución posterior del Volcán Chichón. Por último el análisis y las relaciones geométricas de las estructuras en las inmediaciones del volcán se interpretan por medio de un mecanismo de cizalla simple.

VUL.08

## INTERPRETACIÓN SOBRE LOS PATRONES DE CRECIMIENTO DE FLUJOS DE LAVA BASADO EN DETERMINACIONES MORFOLÓGICAS

Carrasco-Núñez, G.

Instituto de Geología, UNAM, CU. 04510, México, D.F.

E-mail: gerardoc@servidor.unam.mx

El estudio de los flujos de lava, basado en observaciones directas y diversos trabajos experimentales, ha permitido proponer diferentes interrelaciones entre determinados parámetros físicos que condicionan su crecimiento y desarrollo. La morfología de las lavas está controlada por varios factores, de entre los cuales la reología es sumamente difícil de cuantificar, lo cual reduce la efectividad de los modelos aplicados al crecimiento de los flujos de lava. Sin embargo, recientes investigaciones han demostrado que la morfología de las lavas puede relacionarse con las condiciones eruptivas que las originaron, de tal manera que, asumiendo que los patrones de crecimiento de los campos de lavas son sistemáticos, se ha encontrado que relaciones sencillas que involucran las dimensiones de los flujos de lava, la pendiente y la duración de la erupción pudiesen ser usados para estimar la tasa de efusión de lavas cuya actividad no fue observada en forma directa.

Las lavas en bloques provenientes de la actividad efusiva más reciente del volcán Citlaltépetl (Pico de Orizaba) fueron estudiadas, encontrando evidentes diferencias morfológicas y composicionales que parecen estar asociadas a condiciones eruptivas diferentes, que involucran fluctuaciones en las tasa de efusión e inyección periódica de magmas andesíticos. Estos cambios coinciden con la transformación de los flujos de lava de individuales a múltiples, condición que se ha observado que ocurre cuando las lavas rebasan el valor 63.5 % de sílice. La tasa de efusión muestra una tendencia general a decrecer con el tiempo, sin embargo se observan varias pulsaciones que están aparentemente relacionadas con el arribo de nuevo magma al sistema. Es importante poder inferir las condiciones eruptivas de eventos efusivos ya que pueden ser usadas para intentar pronosticar su comportamiento en el futuro.



VUL.09

## MONITOREO Y ANÁLISIS DE LA DEFORMACIÓN EN EL VOLCÁN DE FUEGO DE COLIMA

Juan José Ramírez-Ruiz

Observatorio Volcanológico, Univ. de Colima, Col., México

El monitoreo de la deformación en el Volcán de Fuego de Colima es uno de los parámetros de medición que se han implementado en los últimos meses para investigar y conocer el estado de actividad del Volcán de Fuego de Colima por parte del Observatorio Volcanológico de la Universidad de Colima. La medición de la deformación se viene realizando considerando un perfil de 4 km de longitud, localizado en el flanco Norte del edificio volcánico descrito por De la Cruz Reyna, 1993. Complementando este perfil de medición en el flanco Norte se han seleccionado algunos puntos base en el flanco Sur del Volcán de Fuego donde hemos iniciado la medición y determinación de dos polígonos geodésicos para el control de la deformación en esa zona. Los parámetros geodésicos medios para el control de la deformación en este volcán son la distanciametría utilizando la técnica de triangulación con el distanciómetro DI3000s de reciente adquisición por parte del Observatorio Volcanológico, así como el control microgravimétrico de los puntos seleccionados, utilizando el gravímetro Lacoste Romberg tipo D. Además de este control geodésico en el flanco Norte y Sur del volcán se inició con el control geodésico del domo del volcán con lo que determinamos la morfología real y la cuantificación de la variación temporal, pues debido a su constante actividad esta zona es la que presenta una mayor variación en el tiempo. Durante la implementación de la deformación como parámetro de medición en el Volcán de Fuego de Colima, la fase de actividad del volcán se ha mantenido relativamente estable, tal como lo muestran otros parámetros de medición llevados a cabo en forma sistemática sobre el volcán como son la sismicidad y el análisis de gases y aguas.

VUL.10

## SISMICIDAD DEL VOLCÁN DE FUEGO DE COLIMA

G.A. Reyes-Davila<sup>1</sup>, C.A. Ramírez Vázquez<sup>1</sup> y Z. Jiménez Jiménez<sup>2</sup>.<sup>1</sup> Centro Universitario de Investigación en Ciencias Básicas, Universidad de Colima.<sup>2</sup> Instituto de Geofísica, UNAM.

La actividad sísmica del volcán de Fuego, o de Colima, es monitoreada con cinco estaciones de periodo corto de la Red Sismológica Telemétrica del Estado de Colima del Centro Universitario de Investigación en Ciencias Básicas de la Universidad de Colima.

En general, la actividad sísmica relacionada con el volcán de Fuego durante 1994 y 1995 fue de muy bajo nivel con tal solo dos periodos donde se comportó de manera inusual (1, 2). Sin embargo, a raíz del sismo de Manzanillo del 9 de Octubre de 1995, Magnitud 7.9, el patrón de sismicidad ha cambiado notablemente al presentarse varias secuencias de eventos de bajo nivel, usualmente detectados únicamente por la estación más cercana, y las cuales generalmente terminan con un evento mayor del tipo de explosión, detectadas por todas las estaciones de la Resco. Se presenta en este

trabajo una descripción general del comportamiento de dicha actividad durante 1996, así como su relación con la actividad de carácter tectónico de la región.

VUL.11

## ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA ASOCIADA CON LA ERUPCIÓN DEL VOLCAN POPOCATEPETL EN DICIEMBRE DE 1994

Adolfo Huidobro G. y Javier Lermo S.

Instituto de Ingeniería, UNAM, C.U., México, D.F.

E-mail: lermo@inti.ingen.unam.mx

La erupción del 21 de diciembre de 1994 del volcán Popocatepetl en la parte central del Eje Neovolcánico, fue precedida y seguida por una importante actividad sísmica. Esta actividad se inicia con eventos Tipo-A profundos (entre 7 y 18 km) en febrero de 1988. Pequeños incrementos de actividad se presentan a fines de 1990 y principios de 1992 y 1994; así como disminución durante 1993. El valor acumulado de la energía sísmica liberada apartir de 1988 hasta 57 días antes de la crisis es de 3.4-17 ergios. Valor típico comparado con otros volcanes durante un periodo pre-eruptivo (Yokoyama, 1988). Los tremores analizados 66 días antes de la crisis no presentan cambios en su amplitud; durante este mismo periodo el numero de eventos Tipo-B por día se mantiene en 30. La sismicidad de eventos Tipo-B de alta frecuencia (Tipo-Ba) 20 días antes de la crisis presentan una disminución de su profundidad (de 7 a 3 km) con respecto al tiempo. Antes de la crisis (40 min) aumento la actividad sísmica con eventos Tipo-Ba y eventos Tipo explosión, cuyas profundidades se mantienen entre 3 y 1 km. Veinte horas después de la crisis por primera vez aumenta la amplitud y el periodo dominante de los tremores (de 0.3 a 0.6 s) sugiriendonos un cambio en las dimensiones de la region hipocentral, provocado tal vez por actividad hidrotermal. Esta actividad sísmica se mantiene parte de diciembre y durante enero de 1995, cuyas profundidades de los eventos Tipo-Ba aumentan de 3 a 7 km. La diferente naturaleza de los eventos profundos y someros sugieren que los primeros probablemente estan asociados con la tectonica regional, mientras que los segundos con el proceso volcanico.

VUL.12

## IMPLICACIONES DE LA SISMICIDAD TECTÓNICA Y DE PERIODO LARGO DEL VOLCÁN POPOCATEPETL DESDE LA CRISIS DEL 21 DE DICIEMBRE DE 1994.

Valdés-González, C.<sup>1</sup>, González-Pomposo<sup>1,2</sup>, G.J. y Arciniega-Ceballos, A.<sup>1</sup><sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, BUAP

Las explosiones registradas el 21 de diciembre de 1994, marcaron el inicio de una reactivación en el volcán Popocatepetl. En este trabajo se presentan localizaciones de 122 sismos volcano-tectónicos (tipo A) relacionadas con la variación en tiempo de 25,433 eventos de baja frecuencia (tipo B) y con sismos tectónicos regionales mayores de 6.5, ocurridos de diciembre de 1994 a agosto de 1996. Los resultados de las localizaciones hipocentrales de los tipo A con errores menores a 1 km, indican que el 95% de estos eventos se encuentran en un área epicentral de 3 por 4 km y que



99% de ellos tienen profundidades menores de 5.5 km b.n.m. Observamos, también, que hay una migración, en general, hacia profundidades menores, de 5.5 km a 2 km b.n.m. en un tiempo de 18 meses. Hay una migración aún más rápida, de 4.8 km b.n.m. a 2 km s.n.m. entre octubre de 1995 y marzo de 1996. Esta drástica migración, coincide en su inicio con la ocurrencia de dos sismos en octubre-noviembre de 1995 con  $M_s=7.1$  y  $M_w=8.0$  localizados a 350 y 600 km, respectivamente. En su etapa final, febrero de 1996, la migración coincide con un sismo de  $M_s=6.7$  a 300 km de distancia. Estos sismos fueron fuertemente sentidos en la Cd. de México a 60 km del volcán. Es posible que estos sismos hayan influido en el comportamiento de este ya activo volcán. Tres semanas después del último sismo, se observó por primera vez un domo dentro del cráter del Popocatepetl. La sismicidad de eventos tipo B es baja cuando ocurren los eventos tipo A. A partir de marzo de 1996, hay un incremento en la sismicidad tipo B que muestra una periodicidad de entre 7 y 10 días. Nuestro análisis indica que el volcán continúa en un estado de intranquilidad en este momento y que la información con la que contamos no es suficiente para definir que suceda en el futuro.

VUL.13

# THE GLACIERS OF POPOCATÉPETL VOLCANO: ICE VOLUME, MOVEMENT AND DEBRIS FLOW HAZARDS

H. Delgado<sup>1</sup>, R. Glaus<sup>2</sup>, J.J. Venegas-Mendoza<sup>3</sup>, L. Cárdenas-González<sup>4</sup>, M.M. Brugman<sup>5</sup>, M.I. Bursik<sup>6</sup>, L. Mezger-Weldon<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM., Circuito Exterior, C.U. Coyoacán 04510, México D.F.

<sup>2</sup> Facultad de Geografía y Ordenación Territorial, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco.

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería, UNAM., Circuito Escolar, C.U. Coyoacán 04510, México D.F.

<sup>4</sup> Centro Nacional de Prevención de Desastres, Delfín Madrigal 665, Pedregal de Sto. Domingo, Coyoacán 04360, México, D.F.

<sup>5</sup> Columbia Mountains Institute of Applied Ecology, PO 2398, Revelstoke, British Columbia, Canada V0V 2S0

<sup>6</sup> Department of Geology, State University of New York at Buffalo, Buffalo, N. Y. 14260-3050 USA

<sup>7</sup> Department of Geological Sciences, University of Oregon, Eugene, OR. 97403, USA

An inventory of Popocatepetl volcano's glaciers and field observations for 1977-1996 are presented. Two glaciers (areal extent: 0.559 km<sup>2</sup> by 1992) and four permafrost fields (areal extent: 0.239 km<sup>2</sup> by 1992) are reported here. Comparing new descriptions of Glaciar del Ventorrillo (GV) with previous descriptions, a systematic retreat pattern is identified. The average retreat rate (in terms of terminus altitude) for 1906-1968 is nearly 7 m/yr, advance rate 10 m/yr for 1968 to 1978 and a response of glacier terminus is documented for 1978 to 1982 (at 40 m/yr), more recently (1982-1995) the terminus has retreated at a rate of 12.1 m/yr. Morphological changes are: reduction of 25% in the glaciated area, and strong retreat of the Tezcalco Tongue. Glaciar Noroccidental is a stationary glacierete which area was reduced by 12% in 34 years. Total glaciated area was reduced by 22%. Permafrost fields are located around the glaciers and are the remains of a larger extent of the glaciers. Fluctuations are explained in terms of: a) increase of heat flow; b) local climatic changes; c) global climatic changes; and d) combination of these causes. In April 1995, thickness

measurements were made (to constrain volume), thermometers were installed, snow and ice density determinations were done in the field, and 3 poles were installed on GV to observe the movement of the ice mass. These poles were surveyed from 1995 to 1996 observing an average movement of them of  $2.1 \pm 0.3$  mm/day and  $9.3 \pm 0.4$  mm/day for the upper and lower poles respectively. The differences in movement reveal slight changes in the velocity of the ice mass through a complete year of observation. These results imply that volcanic activity has not affected significantly the stability of GV. However, the participation of the ice mass in a volcanic-activity-related process such as the production of a debris flow by an explosive event or collapse of GV should not be discarded. Any rapid changes in the flow and topography of the glaciers may be used in the future to identify unusual and new heating at the glacier bed and the potential for a large ice avalanche, or new fumarolic activity. This baseline data set on glacier motion, mass balance and ice volume will allow improved assessment of glacier changes in the future for both hazard and climate change detection.

VUL.14

# PELIGRO Y VULNERABILIDAD EN EL VOLCÁN CEBORUCO, MÉXICO.

Carlos Suárez-Plascencia<sup>1,2</sup>, Luis A. Delgado-Argote<sup>2</sup> y Gustavo Saavedra-de la Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Geografía y Ordenación Territorial de la Universidad de Guadalajara, Mariano Barcena y Av. de los Maestros, Guadalajara, Jal., México

<sup>2</sup> Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE. Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C.

El trabajo presenta el peligro y la vulnerabilidad a que está sujeta la población y actividades socioeconómicas que se desarrollan en las faldas del volcán Ceboruco, localizado en la porción sursureste del estado de Nayarit, región que forma parte del sector occidental de la Faja Volcánica Mexicana y del Graben Tepic-Zacoalco.

De acuerdo con Nelson (1986), la evolución eruptiva del Ceboruco se divide en tres etapas prehistóricas y una histórica. En la primera etapa se construye el edificio de composición andesítica, que alcanza una altura de 2,700, esta etapa termina con una erupción pliniana, emitiendo un flujo piroclástico sobre la ladera SW, flujos de detritos en la ladera E y un depósito de pómez hacia el noreste. Nelson (1986) limita la isopaca 15.00 metros a 5 kilómetros al NE de la cima, pero en las campañas realizadas para este trabajo, la isopaca 15.00 metros se extiende hasta los 12.00 kilómetros en la misma dirección, como resultado de esta actividad se formó la «Caldera Exterior». La segunda etapa se caracterizó por la formación de un domo dacítico en el interior de la caldera, el cual se colapsó dando origen a una segunda caldera denominada «Caldera Interior», quedando como vestigio de esta estructura un pequeño domo dacítico llamado por Nelson (1980) Dos Equis y el derrame Copales ubicado en la ladera S y W. La tercera etapa de actividad se divide tanto en dentro de la caldera, como derrames hacia el exterior, en esta fase se distinguen cuatro eventos, el primero es un derrame andesítico denominado Campamento, en el segundo evento se forma un domo andesítico en el centro de la caldera, el tercer y cuarto evento se emiten dos derrames



andesíticos, la lava norte, que cubrió la ladera septentrional del volcán y el derrame Ceboruco que se canalizó en el sector SW. La última actividad fue de 1870 a 1875 (Barcena, 1877), está fue un grueso derrame dacítico que fluyó en la barranca del arroyo Los Cuates, ubicado en la ladera E del volcán. De esta fecha hasta el momento la actividad se ha caracterizado por una serie de fumarolas en la cima del volcán, cuya temperatura ha sido monitorada desde 1992, además de este monitoreo, se han llevado las siguientes acciones: a) instalación de tres sismógrafos digitales Lennartz y un sismógrafo analógico MEQ en marzo-abril de este año, la cual se registro actividad sísmica de tipo volcánico y tectónico, b) instalación y posicionamiento de puntos GPS (Marquez y Suárez, 1995), c) identificación de distintos patrones de fracturamiento que afectan tanto al edificio, los derrames y los depósitos fluviales recientes localizados en la Caldera Interior (Valle los Venados).

El área circundante al Volcán Ceboruco, de acuerdo con el INEGI conto con una población de 120, 765 habitantes en 1990, distribuidos en 179 localidades, con una tasa de crecimiento del 1.48% anual, este crecimiento ha sido acompañado por el incremento de la actividad agrícola, además del flujo comercial desarrollado a través de la carretera libre Guadalajara- Nogales, la autopista Guadalajara-Tepic y el ferrocarril Guadalajara-Mexicali, cuyos trazos pasan sobre las laderas norte y sur del volcán. Tal cercanía hace que los elementos mencionados tengan una alta vulnerabilidad a ser afectados por los diferentes productos volcánicos que puede emitir el volcán durante una fase eruptiva.

VUL.15

#### **ACTIVIDAD SÍSMICA EN EL COMPLEJO VOLCÁNICO CEBORUCO-TEPETILTIC (NAYARIT Y JALISCO, MÉXICO) REGISTRADA POR LA RED RESJAL**

F. Alejandro Nava<sup>1</sup>, Carlos Suárez P.<sup>2</sup>, Bertha Márquez A.<sup>2</sup>, Francisco Núñez-Cornú<sup>2</sup>, Gustavo Saavedra C.<sup>2</sup>, Rosalía García-Arthur<sup>1</sup> y Miguel Farfán<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Depto. Sismología, CICESE, AP. 2732, Ensenada, B.C. 22800, México.

<sup>2</sup>Depto. Geografía, Universidad de Guadalajara, Ave. Maestros y Mariano Bárcena, P.A., Guadalajara, Jal. 44260, México.

Sismógrafos de la Red Sísmica de Jalisco (RESJAL) han grabado actividad sísmica en la región del graben de Tepic, que contiene, entre muchos volcanes, al complejo volcánico Ceboruco-Tepetiltic que ha sido activo recientemente y presenta riesgos regionales considerables.

Sismógrafos digitales de periodo corto y tres componentes MARS800, con intervalo de muestreo de 0.08s, han dado registros de alta calidad de actividad local durante fines de 1995 y desde marzo de 1996 a la fecha. Estas observaciones han sido complementadas con registros de sismógrafos analógicos de papel ahumado MEQ operados durante marzo de 1996, y desde mediados de septiembre de 1996 a la fecha. La actividad sísmica local registrada incluye eventos tectónicos y varios tipos de eventos típicamente volcánicos que indican la ocurrencia actual de procesos relacionados con actividad magmática en ambos Ceboruco y Tepetiltic. Esta actividad señala la necesidad de contar con una red permanente telemétrica para monitorarla en tiempo real.

VUL.16

#### **CORRELACIÓN ENTRE LA MORFOLOGÍA DE COLADAS DE LAVA Y ANISOTROPÍA DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA: EJEMPLOS DE LAS ISLAS HAWAIIANAS.**

E Cañón-Tapia<sup>1</sup>, GPL Walker<sup>2</sup> y E Herrero-Bervera<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Geología, CICESE. Km 107 Carret. Tijuana-Ensenada, B.C., México

<sup>2</sup> SOEST, University of Hawaii, 2525 Correa Rd. Honolulu HI 96822, USA

Resultados de la medición de la anisotropía de susceptibilidad magnética (ASM) de 22 coladas basálticas de diversas morfologías (pahoe-hoe tipos P y S, "toothpaste" y 'a'a) muestran variaciones que pueden ser explicadas en términos de los diferentes mecanismos de emplazamiento de cada morfología. Las diferencias se encuentran en diversos aspectos del tensor de susceptibilidad, incluyendo el valor de la susceptibilidad media, grado de anisotropía, fábrica magnética y la orientación de los ejes principales de susceptibilidad. Dichas variaciones son consistentes con la relación propuesta entre la tasa de deformación de las lavas y el origen de la anisotropía magnética. Adicionalmente se encuentra que es posible relacionar datos de ASM con procesos de enfriamiento y de entrapamiento de material frío de la corteza de las coladas que debieron ocurrir durante sus emplazamiento. Estos efectos son especialmente claros en las lavas tipo 'a'a.

La relación estrecha existente entre la ASM y la tasa de deformación de las lavas tiene consecuencias respecto a la manera en como se deben interpretar los datos, especialmente en lo que concierne a las direcciones de los ejes principales. Aunque en general se encuentra que la susceptibilidad máxima es paralela a la dirección de movimiento local, no es posible asociar un tipo de susceptibilidad específico con la dirección de movimiento, por lo que se hace necesario un análisis más detallado de los resultados para inferir direcciones de flujo a través de mediciones de ASM. Un método alternativo al hasta ahora utilizado es propuesto, en el que se hace uso de patrones de imbricación de los ejes de susceptibilidad magnética, independientemente de su magnitud, aunque se incluye hasta cierto punto la naturaleza tensorial de los datos.



C96.01

## COMENTARIOS GENERALES SOBRE EL PROYECTO GEOFÍSICO MARINO Y DE SÍSMICA DE REFRACCIÓN CORTES-P96

Universidad Complutense de Madrid; CSIC, Barcelona;  
CICESE, Ensenada; ORSTOM, Villefranche; Universidad de  
Guadalajara; Secretaría de Marina, México; Ministerio de  
Defensa, España; Instituto Geográfico, España

Se describen los objetivos y actividades generales del proyecto CORTES-P96. La autoría se atribuye a las instituciones participantes en vista de lo extenso que resultaría la lista de responsables de las muchas y variadas facetas de este proyecto; en las contribuciones en esta sesión especial aparecerán los nombres y direcciones de los investigadores.

En el Golfo de California, este proyecto pretende caracterizar las propiedades físicas de la corteza continental "normal" de la península de Baja California, y de las cortezas "adelgazadas" de las márgenes de la península y continente que circundan al golfo, así como de sus cuencas interiores donde procesos de acreción de piso oceánico son activos. En la Trinchería Mesoamericana se analizará la microsismicidad asociada a la subducción de la placa Rivera con respecto al bloque Jalisco y se obtendrán perfiles sísmicos que muestren la geometría de la subducción cerca de la trinchería. Las operaciones en tierra se desarrollaron a lo largo del margen oriental de la península de Baja California y margen occidental del continente, entre Acapulco, Guerrero y Bahía Kino, Sonora. Las operaciones marinas a lo largo de la costa occidental de México y Golfo de California se efectuaron abordo del BIO Hespérides de España y BIO Altair, mientras que en la costa occidental de la península las operaciones se realizaron en el BIO Humboldt, estos últimos de la Secretaría de Marina de México. El objetivo principal del proyecto fue hacer perfiles sísmicos de reflexión y refracción utilizando fuentes de energía controlada, registrando con sismómetros en tierra y sismómetros de fondo oceánico (OBS) a lo largo de perfiles en el golfo y en la trinchería Mesoamericana. Con la información recabada se obtendrán imágenes acerca de la geometría de las cortezas continental y oceánicas, con lo que se modelará la estructura profunda de la península y de la zona de subducción del occidente de México.

Los objetivos generales en el Golfo de California son: a) caracterizar la estructura profunda y la deformación tectónica reciente en el sistema transformante de San Andrés-Golfo de California y en la margen oriental de la península de Baja California; b) determinar la estructura sísmica de la corteza de Baja California y correlacionarla con los terrenos tectonoestratigráficos, cuyos límites son tectónicos; c) caracterizar la zona de transición entre la corteza continental de la península y la oceánica de las cuencas asociadas con el sistema transformante del golfo; d) analizar con detalle la probable existencia en el golfo de dorsales más jóvenes que un millón de años en las cuencas de Salsipuedes y San Lorenzo, localizadas entre Bahía de los Angeles, Bahía de las Animas y Bahía San Rafael, en la península, y las islas Ángel de la Guarda y San Lorenzo. El conocimiento combinado de la deformación y la actividad magmática en los márgenes tiene importancia académica y práctica. A través de estudios de batimetría, sísmica de reflexión y refracción, gravimetría y magnetometría, esperamos definir la geometría de los rasgos estructurales en el interior del Golfo (i.e.

zonas de fractura, centros de dispersión) y en las márgenes (sistemas de horsts y grabens, profundidad y espesor del basamento y la presencia de cuerpos ígneos), lo que permitirá evaluar procesos de adelgazamiento de la corteza continental y de acreción magmática. El valor práctico de las investigaciones en la margen se enfoca hacia la prospección de yacimientos minerales de rendimiento económico del tipo de los sulfuros masivos. Yacimientos como El Boleo, en Santa Rosalía, Baja California Sur, están asociados con actividad volcánica en cuencas estructurales formadas durante la evolución temprana del Golfo desde el Plioceno.

El proyecto es importante desde el punto de vista académico por el aporte al modelo de velocidades sísmicas para la correcta localización de la sismicidad en el golfo y la península, y la subsecuente evaluación de peligro y riesgo sísmicos; en segundo lugar, por su potencial en la prospección de yacimientos minerales y geotérmicos al conocer la estructura de la corteza y su actividad volcánica.

C96.02

## ESTRUCTURA DE LA LITOSFERA EN LA COSTA OESTE DE MÉXICO: FOSA MESOAMERICANA, MAR DE CORTES. PROYECTO CORTES-P96: PARTE MARINA

J.J. Dañobeitia<sup>1</sup>, D. Córdoba<sup>2</sup>, L.A. Delgado-Argote<sup>3</sup>, R. Carbonell<sup>1</sup>, J.P. Canales<sup>1</sup>, F. Michaud<sup>4</sup>, M. Farran<sup>5</sup>, H. Fabriol<sup>3</sup>, C. Suárez<sup>6</sup>, F.A. Nava<sup>3</sup> y el Grupo de Trabajo CORTES-P96

<sup>1</sup> Depto. Geofísica ICTJA-CSIC, Barcelona, España

<sup>2</sup> Depto. Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, España

<sup>3</sup> División de Ciencias de la Tierra, CICESE, México

<sup>4</sup> ORSTOM, France

<sup>5</sup> Depto. Geología Marina, ICM-CSIC, Barcelona, España

<sup>6</sup> CUC & DGOT, Universidad de Guadalajara, México

En la primavera de 1996 se llevó a cabo una extensa campaña de geofísica a lo largo de la costa Oeste de México y Golfo de California (Mar de Cortés) denominada genéricamente "Crustal Offshore Research Transect by Extensive Seismic Profiling" (CORTES-P96). Esta investigación permitió la adquisición a bordo del BIO Hespérides de más de 3000 km de sísmica de reflexión vertical, medidas de campos potenciales (gravimetría y magnetismo), batimetría de alta resolución (mediante ecosondas de 120° de apertura) y sonografías del fondo marino. Además el frente de ondas acústico (6 cañones de aire totalizando 3000 in<sup>3</sup>) generado por el Hespérides fue registrado por sismómetros marino de profundidad (OBS) desplegados por el buque mexicano Altair y por estaciones sísmicas portátiles de varias instituciones mexicanas y españolas dispuestas a lo largo de la costa.

El experimento se completó con la realización de varios tiros de explosivos al Oeste de Baja California por el buque mexicano Humboldt.

Las primeras imágenes sísmicas (stacked profiles) analizadas en la Fosa Mesoamericana permiten resolver la subducción del basamento oceánico bajo la Placa Norteamericana en diferentes zonas, mostrando en general un bajo ángulo de subducción, con



indicios de una súbita terminación al sur de Bahía Banderas. Por otra parte se ha muestreado un prisma de acreción relativamente pequeño que muestra ciertas variaciones de sur a norte.

C96.03

# **ESTRUCTURA DE LA LITÓSFERA EN LA COSTA OESTE DE MÉXICO: FOSA MESOAMERICANA, MAR DE CORTÉS Y PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA. PROYECTO CORTES-P96: PARTE TERRESTRE.**

D. Córdoba<sup>1</sup>, J.J. Dañobeitia<sup>2</sup>, J.J. Gallart<sup>2</sup>, L.A. Delgado-Argote<sup>3</sup>, J. Mezcuá<sup>4</sup>, F.J. Núñez-Cornú<sup>5</sup>, R. Castro<sup>3</sup>, J. Díaz<sup>2</sup> y el Grupo de Trabajo CORTES-P96

<sup>1</sup> Depto. de Geofísica, Facultad Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, España.

<sup>2</sup> Depto. de Geofísica, ICTJA-CSIC, Barcelona, España.

<sup>3</sup> Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Ensenada, B.C., México.

<sup>4</sup> Instituto Geográfico Nacional, España

<sup>5</sup> CUC Vallarta & DGOT, Universidad de Guadalajara, México.

Durante la primavera de 1996, una red de 40 estaciones sísmicas portátiles de registro digital, se instalaron en México, a lo largo de la costa Oeste y en la Península de Baja California, con el objetivo de registrar las señales sísmicas generadas por el equipo del BIO HESPÉRIDES y por el Buque Oceanográfico HUMBOLDT, como parte del proyecto CORTES-P96. En la parte continental, se instalaron equipos en las costas de Guerrero, Michoacán, Jalisco, Sinaloa y Sonora. Varias estaciones se situaron en las Islas María Cleofas, Tiburón y Mejía.

En la Península de Baja California, se instalaron equipos entre Los Cabos y Punta Colorada y en un perfil E-W en la zona de La Paz. Este dispositivo de estaciones se desplazó hacia el Norte, siguiendo los movimientos del BIO HESPÉRIDES, hasta el área de San Felipe.

La gran cantidad de datos registrados durante ese período de tiempo, un sismograma cada 30 segundos, ha permitido tener secciones sísmicas de gran ángulo de alta resolución a lo largo la costa Oeste de México. En general, los datos registrados por los equipos terrestres son de buena calidad, lo cual permite definir con precisión las velocidades de propagación de las ondas sísmicas en las regiones estudiadas y complementar los datos de sísmica de reflexión registrados a bordo del BIO HESPÉRIDES y por los sismógrafos de fondo marino (OBS) instalados por el buque Altair en el borde del Bloque de Jalisco y en el Mar de Cortés.

C96.04

## **IMÁGENES DE LA SUBDUCCIÓN AL OESTE DE PUERTO VALLARTA**

R. Carbonell, J.J. Dañobeitia<sup>1</sup>, R. Bartolomé<sup>1</sup>, P. Canales<sup>1</sup>, P. Ayarza<sup>1</sup>, D. Córdoba<sup>2</sup>, L.A. Delgado-Argote<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Depto. Geofísica, CSIC, Instituto de Ciencias de la Tierra «Jaume Almera» Lluís Solé i Sabarís s/n 08028 Barcelona, España

<sup>2</sup> Depto. Geofísica, Facultad Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, España

<sup>3</sup> División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Ensenada, B.C., México

En la Placa de Rivera, frente a la costa norte de Jalisco se realizó una malla de perfiles sísmicos de reflexión profunda durante el experimento CORTES-P96. Esta malla consta de 6 perfiles de 50 a 100 km de longitud. Para ello se contó con una fuente de seis cañones de aire comprimido con una capacidad total de 50 litros. El intervalo de disparo fue de 30 segundos, la energía liberada por los cañones de aire comprimido fue, registrada por el «streamer» de 3 km de longitud del BIO HESPÉRIDES.

El análisis de las secciones de sísmica de reflexión marina han permitido obtener imágenes de la corteza oceánica de la Placa de Rivera que subduce bajo el Bloque de Jalisco. Estas imágenes muestran una terminación abrupta del techo del basamento oceánico, sugiriendo una posible fractura de la corteza oceánica.

C96.05

## **SISMICIDAD EN LA REGION DE PUERTO VALLARTA**

B. Márquez-Azúa<sup>1</sup>, F. Núñez-Cornú<sup>1</sup>, A. Nava<sup>2</sup>, D. Córdoba<sup>3</sup>, J.J. Dañobeitia<sup>4</sup> y el Grupo de Trabajo de CORTES-P96

<sup>1</sup> CUC Vallarta & DGOT Universidad de Guadalajara.

<sup>2</sup> División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Ensenada, B.C., México

<sup>3</sup> Depto. de Geofísica Universidad Complutense de Madrid.

<sup>4</sup> Depto. de Geofísica ICT «Jaume Almera» CSIC Barcelona.

Como parte del proyecto CORTES-P96, se instalaron estaciones sismológicas digitales portátiles, con sensor triaxial, en la región de Pto. Vallarta para complementar la red de sismógrafos de fondo marino (OBS) instalados frente a la costa norte de Jalisco.

El análisis preliminar de los datos registrados en las estaciones ubicadas en El Tuito, en El Poblado y en Punta de Mita muestran una gran actividad sísmica en la zona en estudio, para el período comprendido entre el 20 de abril y el 8 de mayo, contabilizando más de 130 eventos en un radio inferior a 100km de la estación del Tuito. Las trazas sísmicas presentan características muy variadas, correspondientes a temblores simples y compuestos, superficiales y profundos, lo cual refleja la complejidad tectónica de la región. Señales sísmicas anómalas fueron registradas en las estaciones de El Poblado y Punta de Mita.

C96.06

## **IMÁGENES SÍSMICAS DE LA CORTEZA EN LA ZONA DE CONTACTO ENTRE EL BLOQUE DE JALISCO Y LAS PLACAS DE RIVERA Y PACÍFICO**

D. Córdoba<sup>1</sup>, F. Núñez-Cornú<sup>2</sup>, J. Dañobeitia<sup>3</sup>, V.H. Espíndola<sup>3</sup>, D. Pedreira<sup>1</sup>, I. Oyamburu<sup>4</sup>, A. Nava<sup>5</sup> y el Grupo de Trabajo CORTES-P96

<sup>1</sup> Depto. Geofísica, Facultad Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, España

<sup>2</sup> CUC Vallarta & DGOT Universidad de Guadalajara

<sup>3</sup> Depto. Geofísica, CSIC, Instituto de Ciencias de la Tierra «Jaume Almera» Lluís Solé i Sabarís s/n 08028 Barcelona, España

<sup>4</sup> Instituto Geográfico Nacional, España

<sup>5</sup> División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Ensenada, B.C., México



Durante el período del 18 al 20 de abril se instaló una red de 10 estaciones sismológicas portátiles de tipo digital en el noroeste del Bloque de Jalisco e Islas Marías, con el objeto de registrar las señales generadas por el equipo de sismica del BIO HESPÉRIDES, como parte del proyecto CORTES-P96.

En total se registraron siete líneas sísmicas de 50 a 100 kilómetros de longitud: cinco situadas en el área de la Fosa de Rivera, un transecto frente a la entrada de Bahía de Banderas y otro entre Bahía Banderas e Islas Marías. Los datos obtenidos proporcionan información de la estructura de la corteza en la zona de contacto entre el Bloque de Jalisco, la Placa de Rivera y el Escarpe de las Islas Marías.

Los datos de sismica de gran ángulo se caracterizan por una elevada densidad espacial, en este caso un sismograma cada 80 metros. Los resultados preliminares obtenidos a partir de la interpretación de los ensamblajes indican valores elevados para la velocidad aparente de las ondas P en el manto superior y reflejan la subducción de la Placa de Rivera.

C96.07

#### **ESTUDIOS SÍSMICOS DE LA CORTEZA EN EL NORTE DEL MAR DE CORTES Y PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA: RESULTADOS PRELIMINARES**

H. Fabriol<sup>1</sup>, D. Córdoba<sup>2</sup>, L.A. Delgado<sup>1</sup>, J.J. Dañobeitia<sup>3</sup>, J. Frez<sup>1</sup>, J. Díaz<sup>3</sup> y el Grupo de Trabajo CORTES-P96

<sup>1</sup> División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Ensenada, B.C., México

<sup>2</sup> Depto. Geofísica, Facultad Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, España

<sup>3</sup> Depto. Geofísica, CSIC, Instituto de Ciencias de la Tierra «Jaume Almera» Lluís Solé i Sabarís s/n 08028 Barcelona, España

Durante los meses de abril y mayo de 1996, el BIO Hesperides realizó perfiles de sismica de reflexión vertical, mediciones de campos potenciales y estudios de batimetría por ecosonda multihaz en el Golfo de California, en el marco del Proyecto CORTES-P96. Las señales sísmicas generadas por el sistema de cañones de aire del BIO HESPÉRIDES fueron registradas en tierra, por estaciones sismológicas, situadas en Santa Rosalía, San Francisquito, S. Luis Gonzaga y S. Felipe (en la Península), Isla Mejía e Isla Tiburón (en el Mar de Cortes), Guaymas, Bahía Kino y Punta Tepopa (en el Continente), y en el mar, por sismómetros de fondo oceánico (OBS). La cadencia de disparo del cañón de aire proporcionó una alta densidad de sismogramas (uno cada 75 m) para los perfiles de sismica de gran ángulo con estaciones en tierra. Uno de los objetivos del proyecto es estudiar la transición entre la corteza continental y oceánica debajo del Golfo, relacionada con el sistema transcurriente Dorsal Pacífico Este-Golfo de California-Falla San Andrés. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de dos perfiles: el más septentrional de este proyecto, a lo largo de una línea Ensenada (B.C.)-Punta Tepopa (Sonora) y otro frente al sistema volcánico Tres Virgenes-Caldera de la Reforma, al norte de Santa Rosalía (B.C.S.). Los perfiles analizados hasta ahora muestran una buena propagación de energía, observándose las fases Pg y PmP, con claridad, hasta distancias fuente-receptor de 100 km.

Resultados preliminares del perfil de gran ángulo, frente a la Caldera de la Reforma, indican un incremento gradual, de oeste a este, para la velocidad de las ondas P en la corteza superior. Además, el rift volcánico interpretado al NE de la Caldera de la Reforma por medio de la ecosonda multihaz y de las imágenes de reflectividad, y extendiéndose hasta la Isla de la Tortuga, es modelado también con una velocidad mayor a la de la corteza somera, mostrando así su carácter intrusivo. Se propone que este rift es la fuente del Basalto de la Esperanza del Mioceno.

Para el perfil norte, se realizó una línea de refracción terrestre Ensenada-Puertecitos (B.C.), presentada aparte en la sesión CORTES-P96, en la cual se utilizó una fuente de energía en el mar al suroeste de Ensenada. Este perfil se prolonga en el Golfo con las grabaciones de las estaciones sísmicas ubicadas cerca de Puertecitos, utilizando los disparos del BIO HESPÉRIDES.

C96.08

#### **INTERPRETACIÓN ESTRUCTURAL DEL CANAL DE BALLENAS, GOLFO DE CALIFORNIA, A PARTIR DE IMÁGENES DE REFLECTIVIDAD**

Delgado-Argote, Luis A. y Frías-Camacho, Víctor M.  
Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE.  
Ensenada, 22830, Baja California, México  
E-mail: ldelgado@cicese.mx

A partir de imágenes de reflectividad obtenidas con un sistema SIMRAD de ecosonda de barrido lateral de 120° abordo del BIO Hesperides, se interpretó una porción correspondiente al Canal de Ballenas entre 28°48.4' (Bahía San Rafael) y 28°36.25' (sur de la Bahía de San Luis Gonzaga). El experimento se enmarca dentro de las actividades del proyecto CORTES-P96.

En la zona de Canal de Ballenas se localiza la zona de fracturamiento Ballenas (ZFB) de aproximadamente 100 km de longitud. Es continuación del sistema de fracturamiento Guaymas y se conecta hacia el norte con la cuenca Delfín Inferior. La ZFB es uno de los rasgos tectónicos activos más jóvenes del golfo y separa a la isla Ángel de la Guarda (iAG), de 70 km de longitud, de la península. Se interpreta de la forma sigmoidal de las isobatas mayores a 1000 m, en la porción de las cuencas Salsipuedes, la presencia de cuencas distensivas "embrionarias".

Entre Punta San Francisquito y Bahía San Rafael se interpretan campos volcánicos cuyas dimensiones varían entre 3.5 y 0.5 km. Su tendencia es alargada en el sentido de las estructuras de falla que las delimitan, algunas con saltos hasta de 170 m. Las estructuras más importantes se orientan N-S  $\pm$  20° y WNW. Son comunes los rasgos curvilíneos asociados con el emplazamiento somero de cuerpos ígneos y lineamientos hasta de 4 km de longitud orientados en 315°. Entre Bahía de los Ángeles-iAG y la parte media de la iAG, se interpretaron campos volcánicos que varían entre 4.5 y 0.5 km, con elevaciones menores a los 100 m. Los campos son complejos, son notables algunas estructuras de rift volcánicos orientados N-S, y aparentemente la actividad del norte de esta porción es más joven que la del sur. Los rasgos estructurales volcánicos más marcados se orientan N-S  $\pm$  20° y las fallas normales más importantes son NNE. La parte media de la iAG-Punta Remedios se caracteriza por largos lineamientos WNW interpretados como fallas normales y rifts volcánicos o diques en



la parte sur del sector, mientras que hacia el norte el fallamiento N-S  $\pm 10^\circ$  es dominante. Las estructuras curvilíneas son menos notables posiblemente porque la actividad se desarrolla principalmente a lo largo de los rifts, los cuales están en aparente continuidad estructural con el campo volcánico basáltico y lineamientos E-W de la parte media de la isla. A la latitud de Punta El Muertito en la península, el Canal de Ballenas se caracteriza por la tendencia ortogonal de los lineamientos. Las fallas normales son principalmente N-S con buzamiento hacia el W en todo este sector, mientras que el fallamiento transcurrente es más notable en el sur. Los complejos volcánicos tienen cerca de 0.5 km de diámetro y las estructuras de diques, hasta de 1.5 km de longitud, se orientan hacia WNW. De acuerdo a la cobertura de sedimentos y la baja reflectividad, se interpreta que las rocas volcánicas son antiguas. A la altura de la parte norte de la isla decrece la cobertura volcánica. Los cuerpos más grandes son del orden de los 600 m de diámetro y sus fronteras son estructurales. El rasgo más importante es un alto topográfico de más de 200 m de altura que contiene estructuras volcánicas aisladas, de donde se infiere su origen magmático. El fallamiento dominante en la zona es normal con orientación N-S  $\pm 5^\circ$ .

Se observa una buena correlación general al comparar los lineamientos del Canal de Ballenas con respecto a la iAG, lo que sugiere que ambos grupos estructurales se formaron bajo el mismo régimen de esfuerzos (durante el Plio-pleistoceno?). Se interpreta que el volcanismo del fondo puede ser de "goteo" en un sistema transtensional y que, por lo menos en la iAG puede tener manifestaciones similares. La deformación extensional con formación de cuencas casi N-S se interrumpe entre las latitudes  $29^\circ 10'$  y  $29^\circ 17'$  en Canal de Ballenas y disminuye esa tendencia en la iAG y la península.

C96.09

#### **BASE DE DATOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA FORMADA POR EL CICESE- 1994-1996**

J. Frez, J. González, A. Nava, R. Castro, Grupo de Trabajo CORTES-96

División Ciencias de la Tierra, CICESE, AP. 2732, Ensenada, B.C., 22830, México

Entre 1994 y 1996, se realizaron tres experimentos de refracción sísmica a cargo de personal del CICESE. Los dos primeros (1994 y 1995) forman un perfil reverso entre Ensenada, B.C., México, y Blythe, Arizona, E. U. A. En 1996, como parte del proyecto CORTES-96, se agregaron dos perfiles (no reversos) adicionales a partir de dos detonaciones hechas en el mar a unos 20 km al SW de Ensenada. El primero une Ensenada y Puertecitos, en la costa del Golfo de California, con una longitud de 220 km a lo largo del cual se instalaron 26 estaciones: su dirección es aproximadamente de 90 grados con respecto al perfil reverso realizado en 1994-1995. El segundo, también no reverso, tiene una extensión de 42 km, con 35 estaciones, y tiene la misma dirección que el perfil realizado en 1994-1995. Así, se cuenta, para esta región, con más de un perfil que ausculta la estructura de la corteza de la Sierra Peninsular y con otro, local, que trata de resolver detalles de la transición estructural entre el Borde Continental y la Sierra Peninsular, además de ser sensible a detalles de las capas superiores de la corteza entre Punta Banda y Ensenada. Las

estaciones, de tres componentes, consistieron de instrumentos Refleks (IRIS/PASSCAL).

El transecto local complementa los datos del perfil reverso realizado en 1994-1995; el perfil Ensenada-Puertecitos se complementa con registros producidos por detonaciones hechas por cañon de aire en el Golfo y registradas por equipo instalado por investigadores españoles del ICTJA-CSIC (Barcelona) y UCM (Madrid) en el marco del proyecto internacional CORTES-96. Estas últimas mediciones forman perfiles con una distancia máxima aproximada de 100 km a partir de la posición variable del barco.

Estos datos están en distintas etapas de interpretación y asimilación con respecto a la información complementaria existente. Se discute la correlación de fases existentes en los sismogramas y la interpretación de ellas. Para el perfil reverso, se presenta un modelo que incluye tres provincias estructurales (Cordillera Peninsular, Cuenca Salton y Sierra Chocolate).



DMM.01

## OCEANOGRAFÍA FÍSICA DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Miguel F. Lavín

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, AP. 2732, Ensenada,  
CP. 22860, Baja California, México

En los últimos años hemos aprendido ciertos aspectos importantes de la Oceanografía Física del Golfo de California, y otros ya conocidos han sido cuantificados y explicados; sin embargo, aún quedan interrogantes sumamente importantes. En esta plática se hará una revisión de avances y una identificación de aspectos oceanográficos que requieren estudio. El tema mejor entendido es probablemente el de las mareas, con modelos bastante exitosos; aquí el problema es la falta de datos de corrientes, lo cual limita la aplicación práctica de los modelos. Los aspectos globales de la hidrografía también son bien entendidos, tales como las masas de agua y su variación estacional cerca de la superficie, también hemos avanzado en el estudio de los frentes de corrientes de marea, y en la descripción (pero no en la comprensión) de los efectos de eventos ENSO. Sorprendentemente, las surgencias por viento han sido muy poco estudiadas. Uno de los mejores avances se ha dado en la termodinámica del golfo, sobre todo en lo que respecta al balance de calor en la escala anual: sabemos ahora que el golfo gana calor a través de la superficie en promedio anual, y que la señal estacional de calor dentro del golfo está dominada por el Océano Pacífico y en menor medida (50%) por el flujo a través de la superficie. El balance de sal no ha sido todavía resuelto tan completamente como el de calor, pero se sabe que tiene una importante señal semianual. El estudio de la circulación en todas las escalas ha avanzado relativamente poco: ya hay varios estudios de modelaje 2D y un par de 3D baroclínicos, y mediciones lagrangeanas y eulerianas recientes han proporcionado algo de validación de los modelos, pero todavía se requiere de un fuerte impulso, tanto observacionalmente como de modelaje, para poder hacer aseveraciones con suficiente confianza acerca de la circulación. Es cada día más clara la necesidad de considerar la baroclinicidad en el estudio del golfo, así como la inclusión de la influencia del Océano Pacífico.

DMM.02

## CURRENT METER OBSERVATIONS AND VERTICAL STRUCTURE OF THE BLACK SEA CIRCULATION

Sergey N. Bulgakov<sup>1</sup> and Vladimir M. Kushnir<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Astronomía y Meteorología, Universidad de Guadalajara, Av. Vallarta 2602, CP. 44130, Guadalajara, Jalisco, México

E-mail: sbulgako@udgserv.cencar.udg.mx

<sup>2</sup> Marine Hydrophysical Institute, 2 Kapitanskaya Str.,  
Sevastopol, Ukraine

E-mail: ocean@mhi2.sebastopol.ua

Deep water circulation below the depth of the wind-driven currents in most natural water basins is both scantily documented and poorly understood. A2-D theoretical study of the buoyancy flux induced dynamics (Bulgakov et al., 1996a) indicates on the 3-layered vertical structure of the circulation with counter-flow at the main pycnocline depths. Numerous laboratory experiments with

the temperature and salinity differences forcing (Bulgakov et al., 1996b) demonstrate this effect in a rotating 3-D basin also. The existence of the cyclonic water movement near the surface and bottom layers with anticyclonic counter-flow at the mid horizon was visible there. To investigate the vertical structure of the current field in the Black Sea the special field observations were carried out by Marine Hydrophysical Institute (Ukraine) in 1992-1994. Profiling of the hydrological and kinematic parameters using an acoustic current meter profile OLT was conducted at the Northern Black Sea from surface till 1000 m depths with 10-20 km grid spacing. The results of direct current meter measurements were compared with mooring data and geostrophic velocity calculations. The data analysis of field observations confirm the conclusion about availability of assumed subsurface counter-flow with the theoretically predicted parameters under the Main Black Sea Rim current at the main pycnocline depths. It may testify on an important buoyancy flux role as a whole and to indicate that vertical structure of the Black Sea circulation is more complicated than it was assumed earlier (Neumann, 1942; Filippov, 1968; Blatov et al., 1984; etc.).

DMM.03

## CIRCULACIÓN ENTRE LAS CUENCAS LOCALIZADAS EN LA PARTE SUR DE LAS GRANDES ISLAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Alberto Amador, Ma. Luisa Argote, Carolina Morales y  
Felipe Plaza

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, AP. 2732, Ensenada,  
CP. 22860, Baja California, México

Se analiza el comportamiento de las corrientes y los procesos de mezcla asociados a éstas en la región localizada inmediatamente al sur del archipiélago central del Golfo de California. En este estudio se utilizaron observaciones realizadas durante cuatro cruces en las cuales se obtuvieron perfiles hidrográficos, series de tiempo de corrientes de 6 anclajes y perfiles de corrientes obtenidos con ADCP. Dado lo complicado de la batimetría de esta región se realizaron levantamientos batimétricos detallados los cuales nos permitieron definir los umbrales y canales que no se aprecian en las cartas de esta zona. Los resultados sugieren que el agua encontrada en las cuencas de Tiburón y San Lorenzo corresponden a la profundidad límite de los umbrales que las comunican con la Cuenca de Guaymas. Por otra parte, las características T-S de las aguas de la cuenca de Ballenas-Salsipuedes no corresponden a la profundidad del umbral, (400 m) pero sí a aguas más someras de la cuenca de Guaymas. Esta circunstancia es analizada en función de la batimetría y los procesos de circulación y mezcla que ocurren en la zona.

DMM.04

## ELLIPTIC PROPERTIES OF THE M2 TIDE IN THE GERMAN BIGHT

Noel Carbajal<sup>1</sup> y Thomas Pohlmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tijberg 2, 2716 LH Zoetermeer, Holanda.

<sup>2</sup> Institute of Oceanography, University of Hamburg,  
Tropelwitzstr. 7, 22529 Hamburg, Alemania

The controlling effects of the physical characteristics of a



basin on a propagating Kelvin wave are reflected on the elliptic properties of the oscillatory flow (ellipticity, inclination of the ellipse, major semi-axis and phase). Using a three-dimensional nonlinear shelf model, the elliptic properties of the flow associated with the propagation of the  $M_2$  tide in the German Bight were calculated. To investigate the influence of geometry, stratification and, particularly, inputs of freshwater on these parameters, a series of barotropic and baroclinic calculations were carried out. We found that all geometric features have a zone of influence where the elliptic properties undergo severe changes and where the major differences between barotropic and baroclinic simulations are detected. The old Elbe Valley caused a vertical homogenization of ellipticity and phase along this deep region and significant gradients of all parameters on its northern side. Friction effects in shallow areas were responsible for robust vertical variations. The presence of the island of Helgoland induced large wakes on its western and eastern sides. Embayments located along the southern and eastern coasts were a powerful mechanism to induce space variations of elliptic properties. In contrast to the generally known induction of negative ellipticity by baroclinic effects, the results showed that discharge of freshwater from the river Elbe intensified a strong mechanism of induction of positive ellipticity. It is shown that the  $X=\log(h/u^3)$  parameter, a criterion to estimate the position of fronts, is altered by baroclinic more substantially in zones of influence of geometric features like the embayments of the rivers Elbe, Weser and Ems. The inclination of the ellipse, primarily determined by the geometry of the region, is modified significantly by baroclinic effects. The calculated line of rectilinear motion which separates regions of cyclonic and anticyclonic rotation agrees quite well CODAR measurements.

DMM.05

#### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SERIES DE CORTA DURACIÓN DE CORRIENTES Y TEMPERATURA EN LA PARTE NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Cuauhtémoc Turrent T. y Manuel López M.

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, AP. 2732, Ensenada, CP. 22860, Baja California, México

Se analizaron 15 días de datos de corrientes y temperatura muestreados por seis instrumentos anclados en la parte norte del Golfo de California, durante el verano de 1990. El anclaje se localizó al este de la Isla Ángel de la Guarda, sobre 440 m de profundidad, e incluyó correntímetros a 75, 110, 150, 250, 350 y 428 m. El flujo medio en los primeros 150 m fue hacia la boca del golfo, y hacia la cabeza en los niveles más profundos. Las fluctuaciones de la corriente están fuertemente alineadas con el eje longitudinal del golfo, y la desviación estándar en esa dirección es de dos a cuatro veces mayor que en la dirección transversal al golfo. La corriente fluctuante está dominada por las mareas semidiurnas, y las elipses componentes de esta banda aumentan ligeramente en magnitud y excentricidad con la profundidad. La forma, tamaño y polarización anticiclónica de las elipses componentes de la banda diurna, así como la disminución hacia el fondo de la energía en esta banda, sugieren la existencia de una superposición de oscilaciones cuasi-inerciales con el flujo inducido por la marea diurna. Todos los modos empíricos calculados presentaron una estructura baroclínica con excepción del primer modo empírico de la velocidad a lo largo del golfo ( $v$ ). La estructura vertical de este modo es completamente barotrópica, explica el 85% de la varianza de la corriente

longitudinal al golfo y está asociada a las mareas semidiurnas. El segundo modo empírico de  $v$ , así como el primero y segundo modos de la temperatura, también resultaron importantes, explicando el 8.4%, 50% y 27% de la varianza total de sus campos, respectivamente. El comportamiento temporal de estos modos casi no presenta energía en la banda diurna, pero sí presenta energía significativa en la banda semidiurna y en la de su primer armónico ( $M_4$ ). La presencia de picos significativos en las bandas semidiurna y  $M_4$ , asociados a una estructura baroclínica de los campos de velocidad y temperatura, sugieren la existencia de una marea interna.

DMM.06

#### ONDAS DE TSUNAMI DEL 9 DE OCTUBRE 1995 EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL DE JALISCO Y SU INTERACCIÓN CON LA MAREA INTERNA

Anatoliy E. Filonov

Depto. Física, Universidad de Guadalajara, CP. 44421, Guadalajara, Jal., México.

El 9 de octubre de 1995 a las 9:36 hora local (15:36 GMT) ocurrió un maremoto con una fuerza de  $M_x=7.6$  cerca de las costas de Jalisco y Colima, México. Éste generó olas de tsunami las cuales originaron una elevación del nivel de 2-5 m e inundaron una sección de la costa de casi 200 km. En el momento del temblor, se encontraban en el mar cerca de Barra de Navidad dos estaciones de boyas sumergidas (EB) con registradores autónomos SBE-16 equipados con sensores de temperatura, conductividad y presión. Con ayuda de los aparatos se logró registrar las amplitudes y periodos de las ondas del tsunami en mar abierto, así como su interacción con la marea interna.

Las estaciones de boyas se instalaron el 29 de septiembre de 1995 por un lapso de 1 mes con el fin de registrar la estructura espacio-temporal de las ondas internas en la plataforma continental. Estas se situaron a 2 km de la costa por una línea perpendicular a ella en la región de la isobata de 50 m. La distancia entre estaciones fue de 240 m. La profundidad media de la posición de los aparatos fue de 37.6 m y de 35.6 m (estación más cercana a la costa). La discretización de medición fue de 1 min. Los flotadores de las estaciones fueron sumergidos a 10 m, lo cual evitó en las EB la influencia de las corrientes orbitales horizontales de las ondas superficiales. La elevación del nivel en la región de la posición de las EB se dio después de 8 min. de haber ocurrido el temblor; la cresta de la primera ola del tsunami de casi 2.3 m llegó a las 15:48. Después, el nivel comenzó a disminuir y a las 15:59 cayó en 3.3 m abajo del promedio. Enseguida se inició de nuevo el incremento del nivel alcanzando una altura de 3.7 m. Atrás de las primeras ondas del tsunami le siguió una larga serie de oscilaciones con amortiguamiento exponencial de sus amplitudes en el tiempo hasta el nivel de la señal de fondo de alta frecuencia. Éstas oscilaciones se identifican claramente (en los registros) durante casi 6 horas desde el momento de llegada de la primera onda del tsunami. El espectro de frecuencias calculado por secciones de tiempo de tres horas (desde el momento de inicio de la elevación del nivel) contiene 4 picos notorios de densidad espectral en los periodos de 25, 13, 8 y 6 min., con amplitudes medias cuadráticas de 0.52, 0.28, 0.19 y 0.13 m. El desplazamiento de las placas tectónicas que originaron el temblor, tuvo un componente vertical considerable. En base a datos de los dos aparatos (en la región de



las EB), el fondo marino bajo 0.32 m en el momento del maremoto.

Se registró una intensa interacción de las ondas del tsunami con la marea interna. Esto ocurrió en mar abierto, casi a 5 km del lugar de las EB en la región de la isobata de 200 m. Esto es, ahí en donde se sitúa el talud continental y en donde generalmente se lleva a cabo la generación de las mareas internas. Las mediciones mostraron que debido a su gran velocidad de fase, las ondas barotrópicas del tsunami no pueden interactuar directamente con la masa de agua estratificada (la velocidad de fase de las ondas baroclínicas con períodos de las ondas del tsunami, son dos ordenes de magnitud menores). En su movimiento hacia la costa, estas no dejan ninguna huella en el campo de la temperatura y de la salinidad. Sin embargo, en el talud continental, en donde se concentra su energía que llega de toda la capa de agua, las ondas de tsunami generan ondas internas de gran amplitud. En la plataforma continental estas ondas rápidamente acumulan no linealidad volviéndose inestables y al volcarse originan la mezcla de las capas de agua.

DMM.07

### **CIRCULACIÓN GEOSTRÓFICA EN LA REGIÓN NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA**

Laura Elena Carrillo-Bibriezca

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, AP. 2732, Ensenada, CP. 22860, Baja California, México

Se realizó un estudio de circulación en la Región Norte del Golfo de California (RNGC), en el cual se aplicó el método geostrófico a información hidrográfica histórica y reciente (1939-1995). La circulación encontrada en el área de estudio es en forma de un giro cuyo sentido se invierte estacionalmente. Durante el verano el sentido del giro es ciclónico y se localiza centrado en la RNGC, presentando las mayores magnitudes de velocidad del año, que son producidas por los fuertes gradientes horizontales de densidad existentes en esta estación. En otoño el sentido de giro se invierte, observándose velocidades menores a las de verano, y cuyo centro se encuentra ubicado al norte de cuenca Delfín. En invierno, el giro anticiclónico no se observa claramente en los resultados obtenidos, debido a las condiciones de mezcla que prevalecen en los primeros 70-100 m de profundidad. A principios y mediados de primavera no se observa ningún patrón de circulación con forma de giro, pero a finales de esta estación el giro se hace presente con un sentido ciclónico. Los eventos El Niño afectan la circulación durante el invierno sin un patrón aparente.

DMM.08

### **CLIMATOLOGÍA MENSUAL DE LA REGIÓN OCEÁNICA ADYACENTE A LA BOCA DEL GOLFO DE CALIFORNIA**

Juan Manuel López Bojórquez y Armando Trasviña Castro  
Depto. de Oceanografía Física, CICESE, AP. 2732, Ensenada, CP. 22860, Baja California, México

Se obtuvo una climatología mensual de la región comprendida entre 105°-112° W y 16°-23°N, aplicando un algoritmo de interpolación óptima en datos hidrográficos históricos (1939-1990) de temperatura y salinidad. Se obtuvieron mapas de temperatura y

salinidad en 10 capas con una resolución espacial de 0.1x0.1; estas capas están comprendidas desde la superficie hasta los 600 m. Se calcularon velocidades geostróficas relativas a los 550 m de profundidad para toda el área de estudio. Se calculó temperatura, salinidad y velocidad geostrófica en dos secciones verticales, una a lo largo de los 23°N, y la otra, de Cabo San Lucas a Cabo Corrientes. Se encontró la presencia de las masas de agua: Agua de la Corriente de California (ACC), Agua del Golfo de California (AGC), Agua Tropical Superficial (ATS) y Agua Subtropical Subsuperficial (AStSs).

Durante el mes de febrero existe flujo de salida en toda la boca del Golfo de California, lo cual no coincide estrictamente con lo reportado en la literatura. Durante el mes de junio la característica principal es la influencia de la Corriente de California en la entrada al Golfo de California y al sur de la región, mientras que la característica principal durante el mes de agosto es la presencia de la Corriente Costera de Costa Rica. El mes de octubre se catalogó como un mes transicional durante el cual se presentó la mínima circulación geostrófica.

En el mes de junio presenta la máxima presencia de la Corriente de California en superficie y donde se ve la estructura vertical del frente térmico entre el ACC y AGC; se observó también presencia importante de AGC en la boca del Golfo de California, además de la presencia del AStSs en toda la sección de la boca. Agosto-Septiembre se caracterizó por la mínima presencia del ACC en toda la boca, presentándose de manera Subsuperficial al oeste de Cabo San Lucas. Se presentó la máxima presencia del AGC en toda la sección de la boca, el AStSs rebasa la boca del golfo y se encuentra al occidente de Baja California Sur.

DMM.09

### **UNA SIMULACIÓN NUMÉRICA SOBRE LA FORMACIÓN DE MASAS DE AGUA EN LA PARTE NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA**

Manuel López

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, AP. 2732, Ensenada, CP. 22860, Baja California, México

Se realizó una simulación numérica utilizando batimetría, hidrografía de invierno y forzamientos (viento, flujos de calor y de agua) correspondientes a la parte norte del Golfo de California. Como resultado del enfriamiento y la evaporación, el agua en las regiones someras incrementa su densidad y se hunde. A profundidad, el agua de origen superficial se mueve ciclónicamente alrededor de la cuenca. En la parte norte del golfo, la salinidad decrece con la profundidad, y las aguas de origen superficial se identifican fácilmente por sus valores altos de salinidad y temperatura. El hundimiento a profundidades de 75 m ocurre fundamentalmente a lo largo de la plataforma continental nororiental que tiene pendientes relativamente suaves. Esta agua se mueve hacia la cabeza del golfo donde se hunde aún más debido a las pendientes más grandes en esa zona. El agua más densa que llega a la cabeza del golfo, se hunde hasta una profundidad de 115 m durante forzamiento relativamente débil, unos 25 días después de terminados los eventos fuertes de forzamiento. A esa profundidad, el agua viaja ahora hacia el sureste, a lo largo de la pendiente suroccidental (del lado de Baja California) a una velocidad de unos 8 cm/s. Agua de alta salinidad de origen superficial se logra detectar



hasta profundidades de 230 m y hasta la punta norte de la Isla Angel de la Guarda. El estado final de la simulación presenta fuertes frentes de fondo de temperatura y salinidad, los cuales tienen similitud cualitativa con observaciones. El incremento de salinidad produce un incremento de densidad que es como el 25% del incremento debido al enfriamiento. Sin embargo, el efecto del incremento de salinidad es significativo en producir aguas mas salinas y mas densas que se hunden a profundidades mayores.



ETM.01

# PRE-MESOZOIC CONTINENTAL CRUST BENEATH THE SOUTHERN GUERRERO TERRANE: XENOLITH EVIDENCE

Elías-Herrera Mariano<sup>1</sup>, Ortega-Gutiérrez Fernando<sup>1</sup>, and Ken Cameron<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geología, UNAM, CU., Coyoacán, 04510, México, D.F.

<sup>2</sup> Earth Sciences Board, University of California, Santa Cruz, CA 95064, USA

The Guerrero terrane is considered the major tectonic accretion of a Mesozoic intraoceanic volcanic arc complex, devoid of an old sialic basement, onto the continental structure of México during the Late Cretaceous. Recently, however, we discovered abundant quartzo-feldspathic gneiss xenoliths in the El Picacho de Pepechuca volcanic plug, Tejupilco region, southern Guerrero terrane. The site provides the first direct samples of pre-Mesozoic basement of this terrane. The El Picacho de Pepechuca is an Oligocene rhyodacitic subvolcanic body, which has an intrusive contact with phyllite and sericite schist of the Upper Triassic-Lower Jurassic Tejupilco metamorphic suite at the northern border of the La Goleta volcanic field. We interpret the xenoliths to be ortho-rather than paragneisses because: (1) they show no evidence of insoluble organic material or graphite on whole rock HF-HNO<sub>3</sub> dissolution, (2) they have major element composition of a potassic granite (e.g. 69 % SiO<sub>2</sub>, 14.5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4.68 % K<sub>2</sub>O), and (3) the zircon population with relatively uniform euhedral prisms (l/w ratio of about 2:1) is abundant. The two analyzed xenoliths have Nd(0)=-6.7, 7.3 and T<sub>DM</sub>=1,361 Ma, and 1,582 Ma, typical values of Grenvillean rocks in México, indicating that they do not contain a significant component of Phanerozoic mantle-derived magma.

Preliminary U-Pb zircon data of one sample yield a poorly constrained Precambrian (1,030 Ma) upper intercept and a Middle Jurassic (168 Ma) lower intercept. The two best possible interpretations for the origin of the Pepechuca gneiss xenoliths are: (1) the xenoliths could be part of a Jurassic pluton derived by partial melting of Grenvillean basement, (2) they could be Grenvillean granitic basement whose zircons were strongly affected by Pb-loss in Middle Jurassic and mid-Cenozoic times. Both interpretations require that the basement beneath the xenolith locality to be Grenvillean in age. We conclude that the Pepechuca gneiss xenoliths correspond to a pre-Mesozoic continental basement, probably Precambrian in age, which has diverse and important implications related to the crustal structure of southern Mexico and the tectonic evolution of the Guerrero terrane. Prevailing tectonic models of this terrane envisaging it as an island arc complex built on Mesozoic oceanic lithosphere therefore, must be carefully reevaluated at least in its southern portion.

ETM.02

# EXHUMACIÓN PROGRESIVA DEL CONTACTO ENTRE LOS TERRENOS ZAPOTECO Y XOLAPA

Tolson, G.<sup>1</sup>, Solis-Pichardo, G.N.<sup>1</sup>, Morán-Zenteno, D.<sup>1</sup> y Urrutia-Fucugauchi, J.<sup>2</sup>

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

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

Las rocas metamórficas del complejo Xolapa expuestas a lo largo de la margen continental pacífica del sur de México muestran evidencia de un levantamiento de decenas de kilómetros en un tiempo geológicamente corto. La mecánica y la cinemática de esta exhumación son aún inciertas, así como los detalles del marco tectónico que la ocasionaron. En la costa de Oaxaca, entre Puerto Angel y Santiago Astata, el complejo Xolapa consiste de una secuencia de esquistos y gneises de cuarzo-plagioclasa-feldespato potásico±biotita±anfibol±granate±silimanita. La foliación de estas rocas se encuentra plegada, formando pliegues cerrados de escala métrica con vergencia hacia el norte alrededor de un eje subhorizontal E-W. Asociadas a la etapa de deformación que dió lugar a los pliegues hay zonas de milonita con inclinaciones moderadas hacia el sur e indicadores cinemáticos que indican direcciones de transporte tectónico del bloque de techo hacia el norte. Unos 20 km al N de Puerto Angel, estas rocas, localmente migmatizadas e intrusionadas por plutones graníticos terciarios, se encuentran en contacto tectónico con gneises granulíticos del complejo Oaxaqueño y una secuencia de lavas y rocas piroclásticas y sedimentarias que cubre los gneises discordantemente. La zona de cizalla E-W que yuxtapone los terrenos Xolapa y Zapoteco incluye rocas miloníticas (en facies de anfibolita y de esquistos verdes), pseudotaquiliticas y cataclásticas de ambos terrenos con indicadores cinemáticos predominantemente izquierdos. Este sistema Chacalapa afecta rocas del granito Huatulco de edad 27±1 Ma y sigue activo en el presente, ya que desplaza sedimentos fluviales. La presencia de rocas deformadas en régimen dúctil (~500°C), dúctil/quebradizo y quebradizo indica la exhumación progresiva de una zona de cizalla de escala cortical. Esta exhumación está relacionada al paso del punto triple Cocos-Caribe-Norteamérica y al actual régimen de subducción.

ETM.03

# THE CONTINENTAL RECORD OF THE OPENING OF THE GULF OF CALIFORNIA IN THE LATE MIOCENE VOLCANISM AND TECTONICS OF CENTRAL MEXICO

Luca Ferrari<sup>1</sup> and Gloria Vaggelli<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estación Regional del Centro, Instituto de Geología, UNAM, A.P. 376, Guanajuato, Gto., 3600 Mexico, luca@servidor.unam.mx

<sup>2</sup> CNR-Centro Studio Minerogenesi e Geochimica Applicata, Via La Pira, 4, 50121, Firenze, Italia

Geologic mapping and geochemical studies of over 100 samples have been used to constrain the tectonic setting of late Miocene mafic volcanism in central Mexico. Extensive (thousands of km<sup>3</sup>) basaltic plateaux were emplaced between 11 and 8 Ma from the Pacific coast to the longitude of Mexico city. Mafic lavas at the mouth of the Gulf of California and along the northern boundary of the Jalisco block are alkaline with ocean island affinity



(Richter et al., 1995, GSA Bull.). By contrast the basaltic plateaux of Jalisco (Los Altos) and Queretaro-Hidalgo are distinguished from those to the west for their subalkaline affinity, the lower Nb/La and Nb/Zr and the higher K/Nb and Sr/Ce ratios. In general, they have higher LILE/HFSE ratios and negative Th, Ta, Nb and Ti and positive Sr and Ba anomalies, pointing to a calcalkaline association slightly enriched in LREE. As a whole we can observe a general increase in the evolutionary degree from W to E accompanied by a decrease in the volume of the magma emitted.

Surface occurrence of mafic magmas appear controlled by pre-existing zone of crustal weakness (block boundaries), which also influenced the evolutionary degree of the products. Apparently, tectonic stresses related to the initial extension in the Gulf area (proto-Gulf) were transmitted up to 600 km from the Gulf mouth inside the continent, reactivating older suture zones and allowing rapid uprise of mafic magmas. However, the slab signature of the lavas from Guadalajara to the east argue against the existence of mantle plumes under this part of the continent. On the other hand the occurrence of OIB-type volcanism in Nayarit can be explained by the formation of a slab window due to the termination of the subduction of the Magdalena plate north of the Gulf mouth at 12.5 Ma and the continuation of subduction of the Cocos plate to the south.

ETM.04

#### TECTONIC AND CLIMATIC CONTROL OF ENVIRONMENTAL EVOLUTION: CHAPALA LAKE EXEMPLE, WESTERN MEXICO. (ECOS M95-U01 PROJET, IN PROGRESS)

P.F. Zárate-del Valle<sup>1</sup>, F. Michaud<sup>2</sup>, F. Fernex<sup>2</sup>, J.Urrutia-Fucugauchi<sup>3</sup>, J. Rosas-Elguera<sup>1</sup>, J. de Anda Sánchez<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad de Guadalajara, CUCEI, AP. 4-021, CP. 44410, Guadalajara, Jal., México

<sup>2</sup> Laboratoire de géodynamique sous-marine, BP 48. 06300, Villefranche sur mer, Francia.

<sup>3</sup> Instituto de Geofísica, UNAM, CU., 04510, México, D.F.

<sup>4</sup> Depto. Ing. Diseño, CIATEJ., AP. 2-191. Guadalajara, Jal. México

Chapala lake is the largest water reservoir in México and it is ranked in third position in Latin America (after Titicaca and Nicaragua lakes). Plio-Quaternary Chapala rift holds the actual Chapala lake which is in a eutrophication process: its content of phosphat in its water (3.5 mg/l) is higher than the EPA norme (0.05 mg/l). We assume that the infill sediments of Chapala basin has recorded both climatic changes and tectonics deformations as in french Bourget lake occurred. Thus, the major goal of ECOS M95-U01 projet is to investigate the recent past (Pleistocene to Present) of the Chapala lake to infer about the geometry of the basin and their paleo-climatic changes to compare them with other regions in the world at the same latitud (e.g. Titicaca lake in Bolivia and african lakes) in the framework of PAGES activities (PAst Global changeS) within the international Geosphere Biosphere Program (IGBP). The fiel work survey has been done and 21 gravity shallow logs has been drilled at Chapala lake bottom. Chemical and physical characterisation of sediments is in progress in Mexico and France. The preliminar results of this characterisation will be exposed as well as the programe for the next year.

ETM.05

#### ORIGEN DE ROCAS ALCALINAS DE LA PLANICIE COSTERA DEL GOLFO DE MÉXICO.

Orozco-Esquivel, María Teresa

Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL, AP. 104, 67700

Linares, N.L., México

Se reportan datos geoquímicos de rocas volcánicas de la Sierra de Tamaulipas, la Sierra de Tantima y el área de Palma Sola, pertenecientes a la denominada Provincia Alcalina del Este. En la Sierra de Tamaulipas (ST) se presentan rocas intrusivas y extrusivas del Oligoceno tardío al Cuaternario(?) de carácter alcalino bimodal. La Sierra de Tantima (STA) se formó por actividad volcánica del Mioceno medio, la cual produjo rocas alcalinas poco diferenciadas. El campo magmático de Palma Sola (PS) presenta una historia magmática más compleja que se inicia en el Mioceno temprano con actividad de carácter calcoalcalino, la cual fué seguida en el Mioceno medio hasta el Pleistoceno por la producción de rocas volcánicas alcalinas y transicionales. Durante el Pleistoceno tardío hasta el Holoceno se presenta actividad monogenética que produjo rocas volcánicas alcalinas, transicionales y calcoalcalinas.

Basándose en la sistemática de Tierras Raras se encontró que, con excepción de dos muestras, todas las rocas alcalinas estudiadas proceden de la zona de estabilidad de Peridotitas de Granate. La sistemática de ciertos elementos (K, Ba, Rb) indica además la participación de una fase residual rica en K (Anfibol, Flogopita) durante los procesos de fusión en el manto. El comportamiento de los HFSE (elementos "high field strength") indica que la mayoría de las rocas alcalinas proceden de un manto enriquecido de tipo OIB (Ocean island basalt) con alto contenido de HFSE y Zr/Nb<10. Las relaciones de los LILE (elementos de iones litófilos grandes)/HFSE de la rocas alcalinas permiten diferenciar entre dos grupos: Las rocas de la ST, STA así como las rocas alcalinas del Mioceno medio de PS muestran valores bajos de estas relaciones, los cuales son típicos para rocas volcánicas anorogénicas (Intraplaca). Las rocas alcalinas de PS producidas a partir del Plioceno muestran valores ligeramente elevados de estas relaciones, los cuales indican la participación de componentes de subducción en la formación de los magmas.

La caracterización geoquímica indica que los magmas se originaron con la participación de un manto litosférico enriquecido metasomáticamente. La mayoría de las rocas procederían de zonas litosféricas más profundas (Peridotita de Granate). Solo dos muestras indican equilibración en un nivel más somero del manto litosférico (Periodotita de espinela). La composición química provee también evidencias del cambio en el Mioceno tardío-Plioceno, de vulcanismo de intraplaca puro a vulcanismo influenciado por procesos de subducción. En PS, las primeras rocas que presentan la participación de componentes de subducción son de carácter alcalino, mientras que rocas calcoalcalinas típicas de zona de subducción son extruidas posteriormente. Esta secuencia en el volcanismo no concuerda con los modelos de magmatismo relacionado a subducción. Esto permite suponer que al iniciarse la influencia de la subducción de la Placa de Cocos en PS, aún permanecía activa la tectónica extensional del Este de México, generándose así magmas con características geoquímicas híbridas de volcanismo anorogénico y orogénico.



ETM.06

**EFFECTS OF TECTONICS AND CRUSTAL STRUCTURE  
IN SOME OF MEXICO'S LARGEST RIVERS**J. Urrutia-Fucugauchi, R.A. Anguiano-Rojas and A.M.  
Soler ArachaldeLaboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto  
de Geofísica, UNAM, Coyoacán, CP. 04510, México, D.F.

A relationship between the location and characteristics of some large rivers and major tectonic features and crustal discontinuities is proposed some of the largest rivers in Mexico follow regional faults and zones of deformation for a considerable part of the total length: e.g., the Bravo river (USA-Mexico eastern border), Salado river (North Coahuila) Conchos river (Conchos-Ojinaga fault zone), Grande de Santiago river (within the Tepic-Chapala graben, Jalisco and Nayarit) Ameca river (Ameca graben), Armeria and Coahuayana (southern Colima graben) Lerma river (E-W segment within the Chapala-Tula fault zone and NNW-SSE segment within the Queretaro-Taxco fault zones), Tepalcatepec and Balsas rivers (western sector within the Chapala-Oaxaca fault zone), Balsas-Mezcala river (Papalutla fault), Atoyac and Verde rivers (at the suture zone between Xolapa terrane and Mixteca and Oaxaca terranes) and Chiapas river (in the Chiapas Central Depression).

We have also analysed the spectral characteristics of the river channel courses. The frequency content of (apparent) tectonically controlled rivers is significantly different from that of rivers for which other factors are important. For instance at similar sampling rates of the channel courses, the Grijalva river (southern Mexico) and the Lerma (Central-Mexico) show different amplitude spectral; with several peaks at higher frequencies in the first case and few peaks at low frequencies in the second case. Log-log plots of amplitude-frequency spectra clearly distinguish river channels with a strong tectonic control; the slope of the amplitude vs. frequency relationship is a signature for the individual rivers. Examination of the spectral amplitudes at different sampling, or data interpolation and smudging, permits investigation of the scaling characteristics of fracture behavior of the river courses. Recent studies indicate that channel networks of river basins have fractal characteristics which have been documented (i.e. they follow power law distributions) for stream lengths and the probability distribution of length, area and energy in given river basins.

ETM.07

**TECTONIC INFLUENCE IN THE DEVELOPMENT OF  
THE VOLCANO-SEDIMENTARY OF THE CHAPALA  
GRABEN: THE CHAPALA LAKE AND JALISCO  
PALEOLAKE**J. Rosas-Elguera<sup>1</sup>, J. Urrutia-Fucugauchi<sup>2</sup> y M. López-  
Martínez<sup>3</sup><sup>1</sup> Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad de Guadalajara,  
44840 Guadalajara, Jalisco México<sup>2</sup> Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica,  
UNAM, 04510 Cd. Universitaria, México<sup>3</sup> Depto. de Geología, CICESE, Ensenada, B.C., México

Results of a stratigraphic and tectonic study of the widespread volcanosedimentary sequence around Chapala lake are presented. The study concentrates in the distribution of the lacustrine deposits, stratigraphy, geochronology and structure and deformation characteristics of the sequence (particularly within the Chapala Formation). The Chapala formation has been affected by NE-tilting contrasting with the lacustrine deposits to the east, in the Chapala plain (e.g. Ixtlan de los Hervores geothermal field) where the sequence is essentially flat-lying.

Two distinct units that present different structural attitudes and are separated by an angular unconformity can be distinguished in the Chapala Formation. The occurrence of desiccation cracks and the abundance of the and genera of the diatom assemblage indicate variations in the water level and in the chemical and physical conditions in the lake. Based on seven stratigraphic sections, structural attitudes, and the paleoenvironmental indicators, we propose a model for the development of the lake in which tectonic extension, listric faulting, volcanic and erosive process contributed to shape the basin. Thus the Chapala lake is a remnant of the large Jalisco paleolake in western-central México.



GEOT.01

### MODELO HIDROGEOLÓGICO DE LOS YACIMIENTOS GEOTÉRMICOS DE LOS HUMEROS, PUEBLA

Fidel Cedillo-Rodríguez

CFE, Campamento Mastaloya, Km. 20 Carret. Perote-Humeros, Perote, CP. 91270, Veracruz, Mexico

Estudios de petrología, geoquímica de agua y gases, e ingeniería de yacimientos de los pozos geotérmicos afirman la existencia de dos yacimientos geotérmicos. Correlaciones petrográficas-estructurales y la disposición de las tuberías de producción de los pozos geotérmicos reparados, desviados y no intervenidos, confirman la presencia de los dos yacimientos, uno superior no agresivo alojado en andesitas de augita; el otro inferior de alta temperatura y medio ácido, contenido en basaltos y andesitas de hornblenda, ambos separados por un horizonte índice de tobas vítreas (Toba Humeros). La discrepancia entre los valores de las elevaciones de los niveles potenciométricos impiden inferir la dirección de los fluidos geotérmicos.

Los resultados litológicos, hidrogeoquímicos y piezométricos de los pozos geotermohidrológicos construidos dentro de la Caldera de Humeros, evidencian la existencia de dos acuíferos, uno frío y otro de alta temperatura. Debido a las grandes distancias entre estos pozos y su medio geológico, no es válida la inferencia de la dirección del flujo. Estudios regionales de hidrogeología, gravimetría, geoelectrica, hidrogeoquímica y geológico-estructural permiten afirmar que los acuíferos (de alta y baja temperatura) no presentan comunicación hidráulica, ni relación geoquímica, ni geológica con los pozos, norias y manantiales de los alrededores de la región de Humeros. Por consiguiente la recarga de los acuíferos es dentro de la cuenca cerrada delimitada por el parteaguas. Así mismo estos acuíferos recargan a los yacimientos geotérmicos a través de fallas y fracturas dentro de los límites del Colapso de Humeros. Por último, secciones geológico-estructurales regionales apoyadas en la litología de los pozos geotérmicos, visualizan que las rocas graníticas y calizas arcillosas aflorantes y que se sitúan a niveles de los yacimientos, impiden recargas laterales regionales; por otro lado las fallas anulares de Humeros y Potreritos actúan como barreras impermeables a los flujos laterales. por lo anterior la recarga a los yacimientos geotérmicos es dentro de los límites del Colapso de Humeros.

GEOT.02

### CALDERAS DE LOS HUMEROS Y ACOCULCO: DOS CASOS DE CALDERAS ANIDADAS EN EL CINTURÓN VOLCÁNICO TRANSMEXICANO

Vicente Torres-Rodríguez, Peter Birkle y Eduardo González  
Instituto de Investigaciones Eléctricas, AP. 1-475, Cuernavaca, Morelos.

Las calderas de Acoculco y Los Humeros se ubican en el límite norte entre el Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT) y la Sierra Madre Oriental (SMOr), separadas por un bloque del Mesozoico. El vulcanismo de la región presenta un alineamiento de rumbo NW a NNW coincidente con las estructuras basamentales mayores de la zona. A nivel regional la explosividad de los magmas es decreciente hacia el SW, coincidiendo con la dirección de flujo de

acuíferos profundos. Ambas calderas presentan al menos dos eventos explosivos importantes, el primero que dió origen a la estructura mayor, y el segundo como una explosión anidada dentro de la anterior. Un análisis de las zonas de recarga y de la dirección de los acuíferos regionales revela que las calderas anidadas se ubican en el lado opuesto de la dirección de flujo subterráneo principal. Al menos esto se ha comprobado en Los Humeros y Acoculco (México) y Ahuachapán (El Salvador, América Central). La explosividad de los magmas silícicos depende de la oportunidad que tengan éstos de incrementar sus volátiles; un mecanismo posible en el CVT es por adición de aguas de acuíferos profundos, misma que tiene mejores condiciones de ocurrir en las zonas de contacto del CVT con provincias geológicas mayores como la Sierra Madre Oriental o la Sierra Madre Occidental. La posición de las principales calderas mexicanas dentro del CVT parece obedecer a este fenómeno.

GEOT.03

### EVALUACIÓN DE LA PERFORACIÓN EXPLORATORIA EN EL CAMPO GEOTERMICO DE ACOCULCO, PUE.

Raúl Gama-Villegas.

CFE. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. Campo Geotérmico Los Humeros, Pue.

El campo geotérmico de Acoculco, se encuentra localizado en la porción noroccidental del Estado de Puebla. Forma parte de un complejo volcánico silíceo del Plio-Cuaternario, se caracteriza por numerosos domos riolíticos, conos monogenéticos y depósitos piroclásticos, controlados por fracturas anulares y posiblemente asociado a un colapso caldérico. El pozo fue perforado a profundidad de 2000 m, tuvo como objetivo general conocer el gradiente térmico y la permeabilidad en el subsuelo de la zona. El análisis de las temperaturas de los fluidos de perforación se mostraron por arriba del gradiente normal. Las pérdidas de circulación se registraron abundantes durante los primeros 210 m correspondiendo a zonas de poco interés geotérmico. Los análisis químicos de los fluidos de perforación manifiestan el intervalo más importante de 1925 a 2000 m. La última serie de registros de temperatura indican que la única zona permeable en el pozo va de 1610 a 1660 m y la temperatura de equilibrio a 1800 m es de 274°C.

La columna litológica perforada fue: de 0 a 789 m secuencia volcánica constituida por tobas liticas, dacitas, ignimbritas y riolacitas, de 789 a 1660 m secuencia sedimentaria calcárea con diferentes grados de metamorfismo, en el último intervalo 1660 a 2000 m se intervino un intrusivo granítico de hornblenda. La máxima alteración hidrotermal se registro en la secuencia volcánica en los primeros 175 m, reflejada por caolín, de 175 a 789 se reflejó como silicificación, en la secuencia sedimentaria e intrusivo la alteración disminuye solo se observa en contactos con algunas intrusiones con minerales indicadores de alta temperatura. La paragénesis más frecuente es la de calcita+cuarczo+pirita la cual se observa en toda la columna. Con los datos analizados se considera que la zona de mayor potencial geotérmico se encuentra en la secuencia sedimentaria y granítica.



GEOT.04

## PERFORACIÓN PROFUNDA EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRO PRIETO

Julio Álvarez-Rosales

Residencia de Estudios de Cerro Prieto, CFE.

La zona Geotérmica de Cerro Prieto se localiza en la porción NE del estado de Baja California, en la planicie aluvial del Valle de Mexicali. El Valle de Mexicali, junto con la cuenca de Salton, constituye una de las provincias geológicas con los más grandes recursos geotérmicos en el mundo. Por ello, y con el objeto de ampliar el conocimiento del sistema geotérmico, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) planea perforar un pozo de 6000 m de profundidad para reevaluar las reservas estimadas del recurso y actualizar el Modelo Geológico Conceptual que relaciona la fuente de calor con las rocas hipabisales observadas en los pozos y la anomalía magnética Nuevo León.

Específicamente para el Campo Geotérmico se han definido cinco unidades litológicas principales: basamento granítico, lutita gris, lutita café, lodolita y sedimentos clásticos no consolidados, así como la presencia de rocas ígneas hipabisales intrusionando las sedimentarias. A partir de la interpretación de las líneas de sismología de reflexión (Romero J., 1986) dentro del campo y Valle de Mexicali, dos fallas con un movimiento dextral (Cerro Prieto al Oeste e Imperial al Este) conforman un graben con una orientación NW-SE. El basamento hasta ahora identificado por 4 pozos es de tipo granítico similar al que aflora al Oeste en la Sierra Cucapa y se profundiza hacia el Este en forma escalonada. Se ha estimado una profundidad de 6000 m hacia el Este de la actual zona de explotación en base a estudios de gravimetría, magnetometría y sísmica de reflexión (Fonseca, H., Razo A., 1979; Romero J., 1986). Las rocas hipabisales hasta ahora identificadas en 9 pozos se engloban en: 1) Basaltos, 2) Basaltos-Andesitas, 3) Andesitas, 4) Dacitas. Estas rocas intrusionan principalmente la lutita gris y los sedimentos no consolidados.

Debido a los objetivos del proyecto, la Comisión Federal de Electricidad invita a participar en el mismo a organismos, centros de investigación, universidades y compañías interesadas en geotermia. Los interesados en participar o realizar sugerencias favor de comunicarse con:

Ing. Héctor Gutiérrez Puente  
Residencia de Estudios, Residencia General de Cerro Prieto  
CFE, Mexicali, B.C., México  
Tel: (652) 3 12 07, Fax: (652) 3 12 06  
e-mail: hectorg@bestit.dgit.seit.mx

GEOT.05

## RED SISMOLÓGICA DE CERRO PRIETO

Héctor Lira-Herrera y Abelardo Escamilla-Hernández  
CFE., Residencia General de Cerro Prieto

A partir del mes de febrero de 1996 entró en operación la Red Sismológica de Cerro Prieto (RESICP), con el objetivo de registrar la actividad local, estudiar las relaciones entre ésta y el sistema geológico-estructural, así como su relación con la explotación del yacimiento geotérmico. La red consiste de cinco estaciones distribuidas en un radio de 5 km, con un estación central. Cada

estación consta de una grabadora digital Sprengnether modelo DR3016, con un sismómetro de tres componentes, de período natural de 1 s, modelo SQ3000, protegidos por casetas de concreto. Los datos son transmitidos a la Central Sismológica por telemetría bidireccional que trabaja en la frecuencia de 512 MHz., con una velocidad de transmisión de 9600 bauds. La energía necesaria para la operación del equipo es suministrada por baterías recargadas por paneles solares. La Central Sismológica consta de una computadora Pentium 75 en la que se recibe, almacena y analiza la información, y desde donde es operada toda la red.

Los eventos locales ( $S-P < 5$  s) registrados en general son de carácter somero ( $< 15$  km). Su distribución espacial ha tenido dos comportamientos principales:

- a) un agrupamiento en la parte SE de la Laguna de Evaporación cuyas profundidades varían de los 3 a los 6 km, con magnitud de duración  $1 < M_c < 3.5$ . La actividad ha sido mayor en los meses de febrero y marzo, disminuyendo en los meses siguientes.
- b) un agrupamiento en el lado NW del campo, en el área del Volcán Cerro Prieto. Esta actividad es de tipo enjambre, con mas de 30 eventos registrados en la estación CPOE, la más cercana al volcán, con profundidades hipocentrales de 5 a 12 km, y magnitud de coda  $1 < M_c < 3$ .

GEOT.06

## ANÁLISIS DE 2 AÑOS DE MONITOREO SÍSMICO EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRO PRIETO

H. Fabriol y L. Munguía-Orozco  
Depto. de Sismología, CICESE, AP. 2732, Ensenada, B.C.

El campo geotérmico de Cerro Prieto (Baja California) está ubicado en la vecindad del centro de dispersión existente entre la extremidad norte de la falla Cerro Prieto y la extremidad sur de la falla Imperial. La presencia de fallas de rumbo y de una cuenca en apertura implica una actividad sísmica notable. Se ha analizado la distribución temporal y espacial de ésta de Agosto de 1994 a Agosto de 1996 en función del marco tectónico. Se ha investigado también si la explotación del campo modifica estos patrones.

Los mecanismos focales de 26 eventos de magnitud mayor de  $M_l = 2.8$  (incluyendo 10 eventos del periodo junio 1993-junio 1994) muestran que:

- Fuera del centro de dispersión (oeste del Volcán Cerro Prieto, falla Cerro Prieto y falla Imperial) los movimientos son principalmente de rumbo lateral-derecho, en acuerdo con el marco estructural regional. Proponemos que parte del movimiento de la falla Cerro Prieto es transferido hacia el oeste (Sierra Cucapah) en la dirección  $N50^\circ W$ .
- Adentro del centro de dispersión (entre las fallas Cerro Prieto e Imperial), los movimientos son de tipo normal u oblicuo-normal, en acuerdo con los esfuerzos distensivos presentes en esta zona.
- Los dos eventos más importantes (12/08/94,  $M_l = 4.6$  y 11/01/95,  $M_l = 4.1$ ) muestran mecanismos normales, en concordancia con las observaciones hechas en superficie.



## GEOTERMIA

La concentración de hipocentros por debajo de la zona de explotación y de la Laguna de Evaporación permite suponer una relación entre la explotación y la ocurrencia de microsismicidad. Adentro de la zona geotérmica, los eventos de magnitud mayor o igual a  $M_l=3$  están ubicados en su mayor parte en el trazo de fallas. Proponemos que pudieran ser de o bien de origen tectónico, o bien disparados por la inyección de fluido geotérmico. Evaluaciones preliminares de las correlaciones a corto o mediano plazo entre el aumento de gasto de inyección y la ocurrencia de sismos aportan elementos a favor de esta última hipótesis.

Este proyecto se realizó en colaboración con la Comisión Federal de Electricidad, Residencia de Estudios en Cerro Prieto, en parte a través del contrato RGCP-CLSO-001/95.



LSM.01

# **SOBRE EL ROMPIMIENTO DE LA SEQUÍA EN EL NORTE DE LA REPÚBLICA MEXICANA**

Enrique Buendía y Rafael Patiño  
Centro de Ciencias de la Atmósfera, Circuito Exterior, CU.,  
UNAM., México D.F.

Durante 1994 y 1995 la ZITC estuvo poco activa en la formación de vórtices ciclónicos que interactuarían con los sistemas de latitudes medias, generando con ello poco desplazamiento de los sistemas tropicales al NW y centro Nte. de la República Mexicana provocándose una disminución de la precipitación en estas regiones. En 1996 las condiciones climáticas tienden a la normalidad y desde las primeras tres tormentas que se desarrollaron en el Océano Pacífico Oriental después de impactarse en la Sierra Madre Occidental se desplazaron paralelamente a la república como perturbaciones y los residuos de humedad penetraron hasta el noroeste y norte de la república siguiendo las condiciones de transporte que les originó una vaguada. Después de las perturbaciones antes mencionadas continuamente han existido desprendimientos de la ZITC que se han desplazado hacia el NW enriqueciendo la temporada pluvial y para el 13 de Septiembre, se tendrán extensas precipitaciones en esta región por la llegada del huracán Fausto. Se hará ver que la precipitación existente en esta región de México es consecuencia de una anomalía de la circulación atmosférica y no por magias y hechicerías que han sido anunciadas por los medios de comunicación.

LSM.02

# **EN LA BÚSQUEDA DE MEJORES RESULTADOS EN LA PREDICCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL**

Berta Oda-Noda, V.M. Mendoza y J. Adem.  
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, 04510, México  
D.F.

Usando una base de datos mensuales de temperatura en 700 mb y precipitación, se desarrolló una parametrización estadística de la precipitación en el Hemisferio Norte. Se trata de una ecuación lineal de las anomalías de la precipitación en términos de las anomalías de la temperatura a 700 mb y de sus gradientes en las direcciones zonal y meridional con coeficientes de regresión lineal obtenidos por correlación múltiple. Las anomalías de la precipitación media mensual observada en el Hemisferio Norte durante 1 década, de enero de 1976 a diciembre de 1986 fueron comparadas de manera objetiva con las correspondientes anomalías calculadas usando la fórmula estadística encontrada. Los resultados muestran que este método estadístico puede ser usado en modelos de predicción a gran escala de temperatura y circulación, como el modelo Termodinámico del Clima de Adem, para dar un pronóstico adecuado de la precipitación.

LSM.03

# **SOBRE LAS LLUVIAS EN MÉXICO Y SU RELACIÓN CON LOS PATRONES SINÓPTICOS**

Ismael Pérez García  
Depto. Teoría del Clima y Predicción, Centro de Ciencias de la  
Atmósfera, UNAM, México, D.F., CP. 04510  
E-mail: ismael@servidor.unam.mx

Para el caso de la última década en la República Mexicana han ocurrido ciertos períodos de aumento y disminución de las lluvias que han afectado principalmente el Altiplano Central y Norte de México. El patrón dominante en el pacífico ecuatorial es un episodio de calentamiento o enfriamiento de la temperatura superficial del mar. Se hace la distinción entre lo que es un invierno-primavera lluvioso o sequía en invierno-primavera, y verano muy lluvioso o verano con lluvias por debajo de lo normal. Relacionándose el flujo atmosférico de gran escala dominante para cada caso.

LSM.04

# **LA LLUVIA EN EL NOROESTE DE BAJA CALIFORNIA Y EL ÍNDICE DE OSCILACION AUSTRAL**

Edgar Pavia y Antonio Badan  
Depto. de Oceanografía Física, CICESE, AP. 2732, Ensenada,  
CP. 22860, Baja California, México

En este trabajo se analizan los datos mensuales de precipitación pluvial en Ensenada, Baja California (y San Diego, California) de 1951 a la fecha. Estos datos son correlacionados con los valores mensuales del Índice de Oscilación Austral. Debido a la estadística particular de los datos de lluvia (no-Gaussiana), se busca un promediado que favorezca ésta correlación y de estabilidad estadística a este análisis. Se encontró que los promedios anuales y semianuales tienen en general una alta correlación (negativa) con desfase cero. Sin embargo, el evento extremo (las máximas precipitaciones de 1977) no parece estar relacionado con este índice. Lo anterior indica que durante los eventos de El Niño (índice negativo) la precipitación (de régimen invernal) en esta región se favorece, pero que no solo los eventos de El Niño favorecen a la lluvia, pues la alta precipitación de 1977 no corresponde con un promedio anual negativo significativo del Índice de Oscilación Austral. Una posible correlación con la temperatura superficial del mar en el Pacífico Ecuatorial y breves explicaciones preliminares serán ofrecidas al final de esta exposición.

LSM.05

# **VARIABILIDAD EN PRECIPITACIÓN EN MÉXICO DE 1979-1994**

Socorro Medina y Victor O. Magaña  
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, México, D.F., CP.  
04510  
E-mail: socorro@vortice.atmosfcu.unam.mx

Utilizando estimaciones de precipitación sobre el océano y datos reportados por estaciones de superficie en la región meteorológica IV se generan campos diarios de precipitación para



el período 1979-1994. Para ello se utilizan splines cubicos bidimensionales con un factor de tensión. La calidad de los análisis así generados es evaluada en base a la continuidad de los patrones sinópticos de precipitación. Utilizando estos datos se estiman los modos de variabilidad en diferentes escalas espaciales y temporales. Se hace especial referencia al modo conocido como sequía intraestival, que se manifiesta como una disminución en la cantidad de precipitación observada durante julio o agosto. Este es el modo más importante de variabilidad intra-estacional. Por otro lado, la variabilidad interanual esta modulada principalmente por el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur. Se discuten algunos factores dinámicos responsables de estas formas de variabilidad.

LSM.06

### **ESTUDIO NUMÉRICO DE TIEMPO SEVERO EN MÉXICO**

Edgar Herrera y Victor Magaña  
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, México, D.F.,  
04510

Utilizando el modelo de area limitada de ecuaciones primitivas de la Universidad de Pennsylvania, se simularon circulaciones correspondientes a situaciones de tiempo meteorológico severo, las cuales son importantes generadoras de lluvias en la Republica Mexicana. El primer experimento consiste en simular un frente frio conocido como Norte. El segundo experimento corresponde a una situacion de Monzon de Norteamerica. EN el primer caso se observa que el modelo es capaz de reproducir la inestabilidad atmosférica generada por el contraste de masas de aire. En el segundo caso, el modelo es capaz de simular lluvia por efectos orograficos, sin embargo, la aguda topografia del terreno en el noroeste Mexicano produce precipitacion en exceso. Estos experimentos ilustran la gama de aplicaciones de un modelo de mesoescala. Así, se tiene gran potencial para el estudio de variabilidad climática regional, como la asociada a los procesos de sequia en el norte de Mexico.

LSM.07

### **HELADAS INESPERADAS EN MEXICO**

Orzo Sánchez y Victor Magaña  
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, México, D.F.,  
04510

La mayoría de las heladas que se presentan en Mexico estan asociadas con el movimiento de aire polar continental hacia la parte norte de la Republica Mexicana. Sin embargo, en meses de verano se pueden presentar heladas inesperadas debido a factores dinamicos que no estan directamente asociados con el paso de frentes frios. En el presente trabajo se muestra el caso de una helada ocurrida en Tlaxcala en septiembre de 1988 asociada a un enfriamiento radiativo, la cual se debe a los efectos de subsidencia alrededor de un huracan presente en el Golfo de Mexico. Esta subsidencia provoca una disminucion en la cantidad de vapor de agua presente en la atmosfera por lo que el enfriamiento radiativo resulta en una helada en el altiplano mexicano.



MNO.01

# **DISPERSIÓN DE PARTÍCULAS EN PRESENCIA DE UN VÓRTICE**

Luis Plata-Rosas, Federico Graef-Ziehl y José L. Ochoa-de la Torre

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, AP. 2732, Ensenada, CP. 22860, Baja California, México

Se estudia el efecto que tiene un vórtice en la difusión de un material pasivo. La difusión se modela utilizando la técnica de caminata aleatoria. Específicamente, se estudia la dispersión de partículas sujetas a una velocidad aleatoria (difusión) más una velocidad determinista (vórtice). Se usan tres tipos de vórtice: rotación de cuerpo sólido, irrotacional y de Rankine. Para cada tipo de vórtice se determina la distancia desde el centro del vortice a partir de la cual domina una de las componentes sobre la otra y, por consiguiente, la zona en que la difusión o el vórtice es el principal responsable de la dispersión. Se toma  $n$  suficientemente grande para que permita describir el proceso estadísticamente y se calculan la media y la desviación estándar. Sólo en el caso del vórtice con rotación de cuerpo sólido (rotacional) se puede establecer la estadística de manera analítica. En todas las simulaciones se puede observar, a partir de la desviación estándar, que el vórtice irrotacional genera una mayor dispersión de partículas comparada a aquella producida por los otros vórtices.

MNO.02

# **ANÁLISIS NUMÉRICOS DE OSCILACIONES INDUCIDAS EN LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, B.C., MÉXICO**

Carelia Rodríguez-Pérez y Adán Mejía-Trejo

Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, AP. 453, Ensenada, B.C., México

En este trabajo, mediante un modelo numérico, se estudia la la Bahía de Todos Santos, B.C. a ondas incidentes. Con este propósito se utilizó el modelo para cuencas de forma arbitraria desarrollado por Lee (J. Fluid Mech., 45, 375-394, 1971). En este modelo la solución de la ecuación de Helmholtz, es planteada como una ecuación integral la cual se aproxima como una ecuación matricial que se resuelve para las regiones interior y exterior de la bahía. Con objeto de comprobar que el método es correcto se comparan las soluciones para cuencas cerradas de forma sencilla (circular y rectangular) y para una cuenca con una apertura pequeña donde se conoce la solución analítica, los resultados concuerdan satisfactoriamente. Analizando la respuesta de la Bahía de Todos Santos a diferentes oscilaciones incidentes, se observan los modos normales de oscilación para longitudes de onda de 13.5 km ( $T=10$  min) y 25.6 km ( $T=19.3$  min).

MNO.03

# **EFFECTO DEL ESFUERZO TOPOGRÁFICO EN EL GOLFO DE CALIFORNIA**

Silvio Guido Marinone-Moschetto

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, AP. 2732, Ensenada, CP. 22860, Baja California, México

La interacción de remolinos con la topografía (esfuerzo topográfico) no están bien representados en los modelos numéricos. Holloway (1992, JPO, 22: 1033-1046) propone una parametrización de esta interacción basada en los principios de mecánica estadística. Se utiliza un modelo verticalmente integrado para estudiar el efecto de esta parametrización (llamado efecto Neptuno) en las corrientes residuales producidas por mareas en el Golfo de California. El modelo es forzado por mareas en la boca del golfo. Los resultados muestran que tal parametrización modifica las corrientes residuales solo en aquellos lugares en que la corriente residual por marea es pequeña.

MNO.04

# **SIMULATION OF THE GULF OF MÉXICO CIRCULATION WITH A COUPLED SEA ICE - MIXED LAYER-ISOPYCNAL GENERAL CIRCULATION MODEL**

Benjamin Martínez-López<sup>1</sup> y Josef M. Oberhueber<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut fuer Meereskunde

<sup>2</sup> Deutsches Klimarechenzentrum GmbH der Universitaet Hamburg Bundesstrasse 55 Troplowitzstr. 7 20146 Hamburg 22529 Hamburg, Germany

A diabatic ocean general circulation model based on primitive equations is used to study the circulation of the Gulf of Mexico. It uses isopycnals as Lagrangian coordinates in the vertical. Prognostic fields of temperature and salinity enter the dynamics as active tracers through an equation of state. The surface boundary layer is parameterized by a mixed-layer model. Thermal forcing, wind stress, and the surface input of turbulent kinetic energy are determined from monthly mean values of atmospheric quantities. At the eastern open boundary the baroclinic structure and thus the vertical structure of isopycnals, temperature and salinity is derived from the Levitus data. The barotropic information for the sea level is taken from the 1 degree global model results.

MNO.05

# **SIMULACIÓN DE LAS CORRIENTES DE MAREA EN LA LAGUNA COSTERA ENSENADA DE LA PAZ, B.C.S.**

J. Antonio Delgado-Contreras y José Gómez-Valdés

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, AP. 2732, Ensenada, CP. 22860, Baja California, México

Se estudia la marea y las corrientes de marea en la laguna costera Ensenada de La Paz con un modelo numérico de las ecuaciones de movimiento y de continuidad integradas verticalmente, incluyendo no linealidades. Se estudia en detalle el coeficiente de fricción del fondo. Se aplica análisis armónico a la marea y corrientes de marea obtenidas con el modelo para compararlos con el análisis armónico de las series de tiempo de las observaciones de campo, las cuales revelan que los componentes astronómicos diurnos y semidiurnos son las más importantes, y que hay asimetría en el flujo y reflujo de las corrientes de marea. Las amplitudes de las componentes de marea simuladas se aproximan en 98% a las observaciones y las amplitudes de las corrientes simuladas se aproximan en 83% a las observaciones. Con el modelo se reproduce la circulación inducida por la marea, para el reflujo de la marea hay una convergencia de la corriente dirigida de adentro hacia afuera de la laguna, para el patrón de circulación



en flujo de marea, se producen dos giros en el interior de la laguna, los cuales son opuestos en el sentido de giro, uno se forma en la zona noroeste y el otro en la zona suroeste de la laguna. Los dos giros son generados por los gradientes batimétricos de la laguna en combinación con la forma de la cuenca. Parece que las componentes de aguas someras generan las asimetrías en el flujo y reflujos de las corrientes de marea observadas.

MNO.06

# **RESULTADOS PRELIMINARES SOBRE LA MODELACIÓN NUMÉRICA DE LA CIRCULACIÓN TRIDIMENSIONAL DE INVIERNO EN LA PARTE NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA**

Sorayda Tanahara y Manuel López M.  
Depto. de Oceanografía Física, CICESE, AP. 2732, Ensenada,  
CP. 22860, Baja California, México

Se estudia la evolución de la circulación debida a un viento constante proveniente del noroeste a lo largo del eje longitudinal del golfo. Se utiliza un modelo tridimensional de niveles en diferencias finitas permitiendo la evolución de los campos de temperatura y salinidad. Se utilizan datos hidrográficos correspondientes a la estación de invierno como condición inicial. En una primera simulación, la temperatura y salinidad permanecen fijas en la frontera abierta durante toda la simulación. Los resultados muestran el ya conocido giro anticiclónico superficial en la parte norte pero dicho giro parece tener una estructura aproximadamente barotrópica. Se observa también una circulación hacia la cabeza del golfo en el Canal de Ballenas y flujo superficial de la parte norte del golfo hacia la Cuenca de Guaymas. Se realizó una segunda simulación en la que se permitió la evolución de las condiciones hidrográficas de invierno a primavera en la frontera abierta. Dicha simulación presenta esencialmente los mismos rasgos que la primera, pero el tiempo de relajación del giro anticiclónico parece ser significativamente más grande.

MNO.07

# **MODELOS NUMÉRICOS DEL GOLFO DE CALIFORNIA EN UN AMBIENTE ORIENTADO A OBJETOS**

José Gómez-Valdés  
Depto. de Física, CICESE, AP. 2732, Ensenada, CP. 22860,  
Baja California, México  
E-mail: jgomez@cicese.mx

Debido a que en la presente década se ha incrementado el trabajo de campo en el Golfo de California, se tiene ahora la oportunidad de mejorar el modelado numérico costero. En lo general, el interés de este proyecto es estudiar los efectos de la topografía en el movimiento de las aguas debido a diversos forzamientos. Simular los componentes barotrópicos y baroclinicos en el estrecho y sus islas, por ejemplo, es un objetivo que se puede cumplir con la información oceanográfica disponible. Aquí se presentan, en detalle, los primeros experimentos con cuatro modelos numéricos (instancias) en diferencias finitas de las ecuaciones de movimiento verticalmente integradas en un ambiente orientado a objetos. Se usa el lenguaje C++ y se discute su rendimiento. Se valida cada modelo numérico por separado empleando un golfo con geometría rectangular y con topografía

suave. Entonces, se construye y prueba el modelo de objetos usando asociaciones, ligas y herencias. Se incrementa la complejidad de las instancias introduciendo la topografía real. La respuesta de los modelos a un forzamiento oscilatorio en la boca no difiere para el caso de topografía suave. Se presentan en detalle las diferencias encontradas en la vecindad de las islas para la componente barotrópica, en el caso de topografía real.

MNO.08

# **UN CRITERIO PARA LOCALIZAR REGIONES DONDE EL SENTIDO DE LAS CORRIENTES DE MAREA ES ANTICICLÓNICO**

Noel Carbajal  
Tijberg 2, 2716 LH Zoetermeer, Holanda  
E-mail: ocaan@pi.net

Las componentes horizontales de la ecuación de movimiento pueden ser transformadas a la forma rotacional, con las componentes rotatorias de la velocidad  $R+($ ciclónica) y  $R-$ (anticiclónica) como variables independientes. En las ecuaciones aparecen también las componentes rotatorias ciclónica y anticiclónica de los gradientes de elevación del mar,  $S+$  y  $S-$ . En este trabajo se demuestra que la suposición  $S+=S-$  conduce a un criterio muy simple para localizar, en cartas corango y cotidales, regiones donde el sentido de las corrientes de marea es anticiclónico. Todo parece indicar que rotación anticiclónica ocurre en regiones donde el gradiente horizontal del producto de la amplitud de la elevación del mar  $z$  por el seno de la fase  $\phi$  es igual a cero, es decir  $\text{grad}[z \sin(\phi)] = 3D \ 0$ . El criterio también predice que las anfídomas de elevación del mar están situadas en regiones donde el flujo es rectilíneo, es decir, donde el valor absoluto de la elipticidad es pequeño. Resultados de simulaciones numéricas de mareas en la plataforma continental norte europea, revelan que las líneas cotidales de 0 y 180 grados a menudo terminan su trayectoria en la costa en zonas de máxima (positiva) elipticidad. Un análisis de las ecuaciones y una inspección de los gradientes de amplitud y fase de la elevación del mar conducen siempre en estas zonas a  $S+ > S-$ , lo cual favorece inducción de elipticidad positiva. El criterio ha permitido explicar, porque en regiones donde dos cuencas marinas se comunican, ha menudo elipticidad negativa es observada.

MNO.09

# **LA PROFUNDIDAD DE LA CAPA DE MEZCLA EN EL GOLFO DE MÉXICO Y SU EFECTO EN LA PREDICCIÓN DE LAS ANOMALÍAS TÉRMICAS**

E.E. Villanueva, V.M. Mendoza y J. Adem  
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. México D.F.,  
04510.

La ecuación de conservación de energía térmica se aplica a la capa de mezcla del Golfo de México para pronosticar las anomalías de la temperatura mensual de la superficie oceánica. La ecuación incluye el flujo de calor neto aire-mar, el transporte horizontal de calor por corrientes y remolinos y el enfriamiento por penetración de agua desde la termoclina. La profundidad de la capa de mezcla se ha calculado a través de una formulación basada en la teoría de Alexander y Woo-Kim. Se calculan las profundidades para cada



estación, siendo éstas más superficiales durante el verano y el otoño que durante la primavera y el invierno, como ha sido también observado. Usando esta profundidad de la capa de mezcla en el término de flujo de calor neto aire-mar, es posible mejorar la habilidad de la predicción de los signos de las anomalías de la temperatura superficial oceánica y de sus cambios mensuales para el verano y el otoño.



PP.01

### LA SEDIMENTACIÓN CUATERNARIA EN DOS CUENCAS DEL CARIBE

María de Jesús Green-Ruiz

Laboratorio de Geología Marina. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. Estación Mazatlán. AP. 811

The spatial and stratigraphic variations of the characters of the upper Quaternary sedimentary cover in the caribbean basins reflects the variations of the terrigenous flux from South America et Panama. Calcium carbonates, composed of foraminifers and coccoliths, are accumulated uniformly across the basins and is modified by terrigenous input largely influenced by the glacio-eustatic variations of the sea level, so the Venezuelan and Colombian basins have opposite evolution, the terrigenous component in the Venezuelan basin, coming essentially from Amazon et Orinoco rivers, is transported by the currents running on the continental platform and so more important during hot periods with high sea level. In the same time terrigenous component in the Colombian basin is less important, terrigenous material being accumulated in the littoral plain of the Magdalena river.

Las variaciones espacio-temporales de los sedimentos del Cuaternario superior en las cuencas del caribe reflejan los flujos terrígenos en proveniencia de América del Sur y del istmo panameño. El carbonato de calcio, compuesto principalmente por foraminíferos y por coccolitos, se acumula uniformemente en las cuencas y las variaciones de su porcentaje se deben principalmente a una dilución por el aporte de materiales terrígenos. Las variaciones eustáticas gobiernan el área de erosión de las plataformas y en consecuencia la intensidad y la naturaleza de los aportes terrígenos.

La transferencia de suspensiones en proveniencia del continente sudamericano hacia el Mar Caribe, alimenta dos cuencas adyacentes: Colombia y Venezuela. Dos núcleos fueron analizados. El primero, con 405 cm de largo, fue muestreado en la parte nortecentro de la cuenca de Colombia a una profundidad de 2128 m al pie de la Ríde de Nicaragua. Se reconocieron nueve estadios isotópicos, lo que representa alrededor de 300 000 años de sedimentación. El segundo núcleo proviene de la parte oeste de la cuenca de Venezuela a una profundidad de 3880 m, en la base de la Ríde de Beata. Este núcleo mide 700 cm y se identificaron los estadios isotópicos 1 a 12, con excepción del estadio 3.

El estudio de estos núcleos pone en evidencia la importancia de los aportes terrígenos así como su relación con los eventos climáticos y, en particular, con las variaciones del nivel del mar. La causa principal de la variación de los carbonatos dentro de las cuencas del Caribe, reside en las variaciones del flujo terrígeno provocadas por la rápida erosión de los sedimentos de la plataforma continental y del borde del talud, durante las bajas eustáticas del nivel medio del mar. Sin embargo, si este comportamiento es claro, la respuesta es diferente en cada cuenca estudiada.

Para la cuenca de Colombia las fases áridas glaciales son pobres en carbonatos debido a que la tasa de acumulación terrígena es importante mientras que en las épocas interglaciales, húmedas,

se observa un mayor contenido de carbonatos. Existe una estrecha correlación entre los estadios isotópicos y las variaciones litológicas, mostrando el sincronismo, en esta región, de las respuestas oceánicas y continentales a las fluctuaciones climáticas. Así, el desarrollo de facies carbonatadas en la cuenca colombiana confirma la importante disminución de los aportes sedimentarios en respuesta al relleno aluvial de la cuenca de drenaje del río Magdalena y a la disminución del gradiente hidráulico del río.

En oposición, para la cuenca de Venezuela, la tasa de carbonatos es más importante en período glacial que interglacial. Esta conjetura resulta de los aportes terrígenos del Amazonas durante los períodos interglaciales en relación con la subida del nivel del mar, los sedimentos del Amazonas son conducidos hasta el dominio caribeño por transporte nerítico mientras que durante los períodos de bajo nivel del mar los materiales se versan directamente en el Atlántico.

Este mecanismo de variación de la composición de los sedimentos implica que el registro de los carbonatos no refleja únicamente las fluctuaciones climáticas, sino también y posiblemente sobre todo, los cambios dentro de la distribución de ambientes de depósito y de áreas de erosión provocados por el glacio-eustatismo.

PP.02

### PALEOCEANOGRAFÍA DEL GOLFO DE MÉXICO DURANTE EL CUATERNARIO TARDÍO: EVIDENCIAS MICROPALAEONTOLÓGICAS E ISOTÓPICAS

Machain-Castillo, M.L., SenGupta, B.K., Alcalá-Herrera, J.A. y Gío-Argáez, F.R.

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, AP. 70-305, CU., Coyoacán, México, D.F.

Los registros micropaleontológicos e isotópicos de seis núcleos de gravedad recolectados en el talud continental y la región abisal del suroeste del Golfo de México indican cambios en las características del agua de fondo durante los últimos 20,000 años. A diferencia de su composición actual, la microfauna del último período glacial incluye, de manera importante, la presencia de pterópodos y foraminíferos bentónicos porcelanáceos. La composición química de estos organismos (aragonita y calcita con alto contenido de magnesio) refleja condiciones de menor corrosividad en el agua de fondo que las actuales.

Las variaciones estratigráficas en la composición isotópica de carbono de las testas de foraminíferos han sido ampliamente utilizadas en la reconstrucción de cambios en la circulación oceánica a través del tiempo. La composición isotópica de carbono del foraminífero *Cibicides wuellerstorfi* en el núcleo JS-54 muestra valores más altos durante el Pleistoceno que en el Holoceno. Estos valores indican que la Cuenca profunda del Golfo de México estuvo ocupada por una masa de agua enriquecida en  $\delta^{13}C$ , pobre en nutrientes y rica en carbonatos, que permitió la proliferación y/o preservación de un conjunto microfaunístico poco resistente a la disolución.

El Agua Profunda del Golfo de México se deriva de la parte superior del Agua Profunda del Atlántico norte, debido a la profundidad del umbral del Mar Caribe y del Canal de Yucatán



(aproximadamente 1800 m). Actualmente, el agua adyacente al Caribe a esta profundidad, presenta valores de  $\delta^{13}\text{C}$  cercanos a 1‰; sin embargo, durante el último glacial varios estudios han demostrado que las aguas intermedias del Atlántico Norte y del Caribe presentaron valores mayores de  $\delta^{13}\text{C}$  y un menor contenido de nutrientes. Estas características indican que la composición química y los patrones de circulación fueron diferentes a los actuales y que a profundidades intermedias en el Atlántico Norte y en las zonas intermedias y profundas del Caribe y el Golfo de México, se encontró una masa de agua diferente a todas las actuales. El conjunto microfaunístico de foraminíferos bentónicos y pterópodos encontrado en este estudio, revela ser un buen indicador de dicha masa de agua.

PP.03

### LA SEDIMENTACIÓN CUATERNARIA EN EL GOLFO DE CAMPECHE

María de Jesús Green-Ruiz

Laboratorio de Geología Marina. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. Estación Mazatlán. AP. 811

El estudio sedimentológico de seis núcleos muestreados a lo largo del paralelo 21° N en el Golfo de Campeche, permite hacer un primer balance sobre la naturaleza, el origen y el modo de depósito de los sedimentos, así como sobre las variaciones de los flujos sedimentarios durante el Cuaternario reciente.

La presencia de atapulgita y de minerales volcánicos en gran parte de los sedimentos señala que los materiales no son esencialmente debidos a los aportes del río Misisipi.

La comparación de las características de los sedimentos y de las tasas de sedimentación pone en evidencia las diferencias de la sedimentación entre las zonas altas y las zonas bajas (batimetría) y entre los periodos cálido y frío. En particular se observa:

- La alimentación importante del Cañón de Campeche (turbiditas finas y decantación de materiales carbonatados), y del borde de la plataforma de Veracruz (materiales terrígenos);
- La pequeña tasa de sedimentación hemipelágica sobre las zonas altas dentro de la cuenca y sobre la elevación continental, lo cual sugiere la presencia de corrientes de fondo y de desbordamiento asociadas, que aportan el material fino hacia las mismas zonas altas.

En período cálido (Holoceno), la sedimentación hemipelágica, carbonatada al Este de los domos salinos, es arcillo-silicea al Oeste donde el conjunto de los minerales de arcilla es del tipo "Montmorillonita>Ilita>Caolinita>Clorita". Una circulación general anticiclónica concentra los productos terrígenos sobre la margen de Veracruz.

En período frío (Wisconsin), la productividad biogénica disminuye, las corrientes de fondo son, sin duda, reforzadas y una circulación ciclónica distribuye los productos detríticos en toda la cuenca del Golfo de Campeche. El conjunto de los minerales arcillosos se convierte a "Montmorillonita=Ilita>Caolinita>Clorita".

PP.04

### RE Y MO EN SEDIMENTOS DE LA CUENCA SANTA BARBARA

Lares, M.L., T. Baumgartner, J. Crusius y V. Ferreira

Las concentraciones de los metales traza Re y Mo se enriquecen en sedimentos con bajo contenido de oxígeno, a pesar de comportarse conservadoramente en la columna de agua. El Re es enriquecido en sedimentos suboxicos, mientras que el Mo requiere de condiciones anoxicas. La razón Re/Mo junto con sus concentraciones en los sedimentos, son utiles para caracterizar las condiciones de depositacion.

En el presente trabajo se presentan los perfiles de las concentraciones de Re, Mo y la relacion Re/Mo de los ultimos 1500 años en los sedimentos laminados de la Cuenca Santa Barbara, frente a California, EUA. Estos perfiles se comparan con perfiles de diferentes condiciones de oxigenacion de diversos lugares.

PP.05

### VARIABILIDAD DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA: REGISTROS DEL MARGEN CONTINENTAL DE BAJA CALIFORNIA PARA LOS ÚLTIMOS 200 AÑOS

J.C. Herguera<sup>1</sup>, T. Herbert<sup>2</sup> and J. Schuffert<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CICESE, Baja California, Mexico, 22830

E-mail:herguera@cicese.mx

<sup>2</sup> Brown University, Rhode Island, USA

Hay un debate importante sobre el calentamiento de la Corriente de California para las últimas cuatro décadas sin embargo hasta la fecha hemos carecido de registros lo suficientemente largos -en el tiempo- como para discriminar los efectos de un posible calentamiento de la Corriente con los de una variabilidad física con periodos decadales a seculares. En este trabajo vamos a presentar unos resultados preliminares de una reconstrucción de las temperaturas y salinidades para los últimos dos siglos en el extremo mas meridional de la Corriente. Esta reconstrucción se ha realizado a partir de los índices geoquímicos preservados en los sedimentos laminados de la Cuenca de San Lázaro localizada en el margen continental de Baja California Sur (25°N) depositados a una profundidad de 540 m bañado por las aguas subóxicas del Pacífico que inhiben la actividad bioturbadora de los organismos béticos y contribuye a la buena preservación de las láminas que se depositan con periodicidad anual. Otra característica peculiar de esta cuenca es su alta productividad biológica como consecuencia de la advección de las aguas frías y ricas en nutrientes de la Corriente de California y de los procesos de surgencia asociados a los vientos dominantes en esta región y que son los responsables de la producción y exportación al fondo de materia orgánica, y de los caparazones opalinos y calcíticos los que analizamos geoquímicamente para nuestra reconstrucción. La productividad biológica de esta localidad esta controlada por la adveccion de las aguas frías de la Corriente y por los procesos de surgencia lo que complica la interpretacion del calentamiento si solo observamos los registros de temperatura. Por esto nuestro trabajo va encaminado a reconstruir la variabilidad en el campo de la salinidad para poder recuperar la variabilidad en la influencia relativa de las aguas de la Corriente y las del trópico en esta interesante frontera dinámica entre las aguas cálidas de origen tropical y las frías de la Corriente.



PP.06

# **SOME PALEOCLIMATIC IMPLICATIONS OF A 7,000 YEAR VARVE RECORD FROM LAGUNA DE JUANACATLÁN, JALISCO, MÉXICO.**

Roger Byrne

Depto. de Geografía, Universidad de California en Berkeley

Laguna de Juanacatlán is a small (10 ha) lake located at an elevation of 2,000 m in the Sierra Madre Occidental, 100 km due east of Puerto Vallarta. The lake is dammed by a late-Pleistocene volcanic cone and has a maximum depth of 25 m. In 1990 I raised three 10 m cores from the lake two of which were predominantly varved (i.e. seasonally laminated). Varved lake sediments are potentially useful for paleoclimatic studies because varve thickness is often a function of rainfall, and/or lake productivity. Also the varves provide a built in chronology that is more accurate than radiocarbon derived chronologies. The Juanacatlán varves consist of alternating diatom rich and diatom poor laminations. X-Radiography and Image Analysis has provided varve thickness estimates for some sections of the cores. The cores are not continuously varved. For some reason the varving mechanism did not operate from ca. 7000 B.P. to 6000 B.P., and from 2400 B.P. to 1000 B.P. Also, thin (cm scale) turbidites periodically interrupt the varve sequence. We hypothesize that the turbidites are the result of heavy erosion in the watershed during the passage of tropical storms.

PP.07

# **COMPARISON OF THE YOUNGER DRYAS EVENT IN SANTA BARBARA BASIN AND THE GUAYMAS BASIN, GULF OF CALIFORNIA**

B. Lynn Ingram<sup>1</sup> and James P. Kennett<sup>2</sup><sup>1</sup> Department of Geography, University of California, Berkeley, CA 94720E-mail: [ingram@violet.berkeley.edu](mailto:ingram@violet.berkeley.edu)<sup>2</sup> Marine Science Institute, Department of Geological Sciences, University of California, Santa Barbara, CA. 93106

The Younger Dryas (YD) cool episode as represented in Santa Barbara Basin Ocean Drilling Program (ODP) Site 893 reveals as a non-laminated (bioturbated) interval within laminated sediments. The episode is marked by an increase in oxygen isotope values and cooler planktonic foraminiferal assemblages. A similar oxygenation-related facies change is recorded in DSDP Site 480 in Guaymas basin, Gulf of California. DSDP Site 480, drilled in 655 m water depth, is not isolated by a sill at shallow depths and thus not affected by changes in sea level. Thus, the cycles of oxygenation/dysaerobia in Santa Barbara basin were probably controlled by changes in oxygen concentrations of upper intermediate waters entering the basin, as has been suggested for the Gulf of California.

The calibrated radiocarbon age for the initiation of the YD in Santa Barbara Basin is 12,970 yr BP, coincident with that in North Atlantic deep-sea cores, glacial deposits in New Zealand, and ice cores records. The radiocarbon age for the termination of the YD in Santa Barbara Basin is poorly constrained due to its occurrence during a 1300-yr radiocarbon plateau, falling between 11,000 and 12,300 yr BP. Assuming a constant sedimentation rate of 163 cm/

1000 yrs in the core, the termination of the YD in Santa Barbara Basin is 11,220 yrs BP, with a duration of 1750 yrs.

Radiocarbon ages of coexisting planktonic and benthic foraminifers were used to determine changes in the age of bottom waters relative to surface waters over the past 20,000 yrs. During the YD, the average planktonic-benthic age difference was 90 yrs, compared with an average value of 453 yrs in younger (Holocene) and a value of 493 in older (Bolling/Allerod) sediments. The decrease of surface to bottom waters ages during the YD may be due to a greater proportion of Pacific intermediate water originating from a more proximal source, probably the North Pacific.

PP.08

# **EVOLUCIÓN DE LA TERMOCлина PRINCIPAL EN EL GOLFO DE CALIFORNIA: REGISTROS DEL TALUD OCCIDENTAL DEL BAJO GOLFO**

Juan Carlos Herguera<sup>1</sup>, Sara Palacios<sup>1</sup>, Cristina Sánchez<sup>1</sup>, Auxilio Ezparza<sup>1</sup> y Adolfo Molina<sup>2</sup><sup>1</sup> División de Oceanología, CICESE, Ensenada, Baja California, 22830 México<sup>2</sup> ICMYL-UNAM, México, D.F.

Las aguas de la termoclina principal surten de nutrientes al océano superficial al tiempo que secuestran gases y ventilan la atmósfera en tiempos relativamente cortos en comparación con el océano global. Desconocemos la variabilidad de su flujo y su respuesta a los cambios climáticos debido a la parquedad del registro instrumental. Sin embargo podemos intentar reconstruir algunas de sus propiedades a partir de los registros paleoecológicos y geoquímicos preservados en los sedimentos bañados por estas aguas intermedias.

Uno de los lugares quizás más interesantes lo constituyen los sedimentos de las aguas del Mar de Cortéz por su papel actual de trampa de materia orgánica y de ópalo biogénico lo que acentúa aún más las propiedades extremas y distintivas de sus aguas. Las propiedades geoquímicas, físicas y biológicas de los sedimentos del talud del Golfo de California guardan las claves sobre los orígenes diversos y procedencia de las aguas intermedias que los bañan. En este trabajo mostraremos resultados preliminares de varios testigos de sedimentos marinos recogidos a diferentes profundidades del talud occidental del Bajo Golfo que muestran una reorganización espacial muy importante de las propiedades geoquímicas con la profundidad desde la última Glaciación hasta la actualidad. Cambios en la estructura térmica, contenido en nutrientes materia orgánica disuelta y consiguientemente oxígeno, cuyas causas hay que buscarlas en la Cuenca del Pacífico Norte que le nutre de aguas profundas y al que revierte sus aguas superficiales e intermedias. Una de las implicaciones de estos cambios es la observación de que a medida que se ha ido calentando el planeta la ventilación de la termoclina principal en el Pacífico Norte, en este caso visto desde el Bajo Golfo, se ha hecho mas lenta.



FIG.01

# **INVERSIÓN CONJUNTA DE DATOS TOMOGRÁFICOS EN EL DOMINIO TIEMPO-FRECUENCIA**

N. Kouzoub y A. Mousatov

Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de  
Nuevo León

Actualmente, la tomografía de pozo a pozo, utilizando los tiempos de viaje de las ondas directas (traveltime tomography), se aplica ampliamente para los propósitos de ingeniería geológica e hidrogeología y ha demostrado ser útil y eficiente. A pesar de esto, se buscan nuevos enfoques aplicando las características dinámicas de los registros sísmicos, con la finalidad de extraer mayor información acerca de las propiedades de rocas. Uno de éstos enfoques es la aplicación de la amplitud de las ondas directas. Sin embargo, el registro de amplitudes absolutas de las ondas se hace con ciertas dificultades, debidos a su gran dependencia de la geometría del pozo (cavernas en las paredes), del patrón de radiación y de interferencia de las ondas primarias y secundarias. Por otro lado, los factores menos afectados son: las características espectrales de las ondas y los primeros arribos.

Es conocido que el coeficiente de absorción en el medio depende de la frecuencia y dentro del rango de frecuencias acústicas (<20 kHz), se puede considerar lineal esta dependencia. Esta circunstancia causa el sesgo del espectro hacia las frecuencias bajas. Dicho sesgo dependerá de dos factores principales (siendo invariable el espectro del impulso generado), los cuales son la distancia de viaje (es decir, el tiempo de primer arribo) y el valor de factor de absorción en el medio. Para obtener las características espectrales en el dominio tiempo-frecuencia a cada traza se le aplica la transformada de Gabor. Las coordenadas de los puntos máximos en el plano T-F correspondientes a los tiempos de viaje de las ondas directas, presentan el conjunto de datos de entrada para el procedimiento de inversión tomográfica. A la salida se obtiene la sección de "transparencia" (parámetro adimensional, que es producto del factor de absorción y la velocidad de ondas P en el medio). Anomalías en la "transparencia" se podrían relacionar con inhomogeneidades en las rocas (e.g. las que tengan mayor grado de fracturamiento).

En la ponencia se presenta un ejemplo de aplicación del método a los datos obtenidos en el terreno de experimentación de la FCT/UANL. Los resultados presentados demuestran que las secciones de "transparencia" complementan a las secciones de velocidad "convencionales" y proporcionan la información adicional acerca de la sección sísmica (sobre todo, en la parte superior de ésta, que se asocia con lutitas intemperizadas). El procedimiento computacional se ha realizado en base al sistema de procesamiento de datos sísmicos SeisUnix (transformada de Gabor) y a la biblioteca de optimización COOOL (inversión tomográfica), elaborados en la Escuela de Minas de Colorado, corriendo bajo el sistema operativo Linux para PC.

FIG.02

# **MODELO DE VELOCIDADES SÍSMICAS E IMÁGENES EN PROFUNDIDAD: MIGRACIÓN PRE-STACK, ALGORITMO DE KIRCHOFF**

R. Carbonell<sup>1</sup>, R. Bartolomé<sup>1</sup>, J.J. Dañobeitia<sup>1</sup>, J. Gallart<sup>1</sup> y  
D. Córdoba<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. Geofísica, CSIC-Instituto de Ciencias de la Tierra  
"Jaume Almera" Lluís Solé i Sabarís s/n 08028 Barcelona,  
España

<sup>2</sup> Depto. Geofísica, Fac. Ciencias Físicas, Univ. Complutense de  
Madrid, España

El algoritmo de migración pre-stack de Kirchhoff se puede desarrollar de manera que permita, por una parte la obtención de modelos de velocidad, y por otra la obtención de imágenes en profundidad de los datos de sísmica de reflexión profunda. En el primer caso constituye la solución al problema inverso, y en el segundo genera la solución del problema directo. Este algoritmo se compone de dos partes. En la primera se calculan los tiempos de propagación para cada punto del modelo (grid de velocidades), para cada una de las estaciones receptoras y para cada uno de los disparos. En la segunda se distribuyen las amplitudes de todos los sismogramas en todos aquellos puntos del modelo que hayan podido generar dicha amplitud. Este proceso permite generar unos grupos de trazas o trazas con puntos de reflexión común (TPRC) que permiten actualizar el modelo de velocidades. Calculando una corrección sobre las velocidades según la curvatura de los reflectores en estos grupos. El cálculo de los tiempos de propagación se puede realizar desde cualquier elevación topográfica, por lo que el algoritmo no precisa la aplicación de correcciones estáticas. El algoritmo de estimación de los tiempos de propagación considera implícitamente el relieve, lo que mejora sustancialmente la imagen en profundidad. Adicionalmente, este algoritmo permite la migración de datos de wide-angle/refracción conjuntamente con datos sísmicos de incidencia normal o CMP.

FIG.03

# **CONDITIONED INVERSION AND MIGRATION: ON THE AMBIGUITY IN THE ESTIMATION OF VELOCITY STRUCTURE AND DEPTH OF DISCONTINUITIES, HIDDEN LAYERS AND LOW-VELOCITY ZONES IN BI- DIMENSIONAL MEDIA**

J.C.V. Traslosheros H.

Depto. de Geofísica Aplicada, División de Ciencias de la Tierra,  
CICESE, AP. 2732, Ensenada, B.C., Mexico, CP. 22860

In order to solve the ambiguity that results from estimating the velocities and depth of a discontinuity in a vertically and laterally heterogeneous media, a method is proposed that permits the conditional and independent estimation of both groups of parameters using traveltimes from direct and reverse profiles. The estimation problem can be stated in two different schemes. In the first case, the velocity field is estimated in a fixed discretization mesh; in the second, the depth of a group of isolines of a deformable grid. Both points of view are presented and compared working separately, sequentially and jointly in different physical problems of velocity-depth coupling. The computational procedure is subject to conditions that are imposed on the perturbations in



velocity and depth, in order to emphasize the presence of discontinuities. With the second scheme the decoupling of the velocity-depth ambiguity is possible. Since a collapsing of isolines, which is consistent throughout the change in the conditioning parameters, is identified as a discontinuity; where the isolines are eliminated. At this point welding or unwelding conditions could be applied. By applying the singular value decomposition the condition used is evaluated by comparing the absolute value of the projection of the singular vectors over the solution space. The deformable grid presents an advantage over the fixed one, that is, the sequential accommodating of the velocity isolines in the structure, resulting a substantial economy in parameterization.

The joint estimation of velocity and depth is applied to the nodes that define the discontinuity to prove that the decoupled estimate of both parameters is possible because the conditioning breaks the critical parallelism between the columns of the sensibility operator. Two synthetic experiments validate the computational procedure. One experiment involves a two layer model with strong lateral heterogeneity separated by a sinclinal discontinuity; and another estimates the position and the contrast of a low-velocity wedge. Two real data experiments are also presented. The first is used to present the SVD projections criteria. In the second real data example a hidden layer problem is solved. The scheme of conditioned inversion is compared to the generalized reciprocal method for the migration of refraction data.

FIG.04

#### TRANSFORMACIÓN ONDULAR APLICADA AL PROCESAMIENTO DE DATOS SÍSMICOS DE REFLEXIÓN

Manuel Lozada-Zumaeta y Gerardo Ronquillo-Jarillo  
Instituto Mexicano de Petróleo, 07730 México, D.F.

La transformación ondular constituye una herramienta de análisis y procesamiento de señales transitorias e imágenes. Pertenece a un grupo de transformaciones matemáticas de propiedades especiales que enfatizan aspectos diferentes de un sistema y particularmente adaptada para al análisis de señales con contenido de frecuencias elevadas superpuestas a componentes de baja frecuencia de magnitud relativa altas. Las señales sísmicas en general por su naturaleza transitoria y oscilatoria quedan eficientemente representadas en bases ondulares. En el dominio ondular, las señales son sintetizadas por ondículas, señal transitoria cuyo contenido de frecuencias decae rápidamente a las bajas frecuencias, de diferente escalamiento y traslaciones, estando las bases ondulares por diseño, localizadas tanto en el tiempo y frecuencia. En este marco general, la Transformación Ondular, se aplica como herramienta de análisis y procesamiento de señales sísmicas de reflexión sintéticas y reales y se contrasta los resultados con algunas técnicas convencionales. Se presentan los resultados obtenidos de la experimentación numérica correspondiente y se fija su utilidad, validez y complementaridad en el análisis y procesamiento de series de tiempo.

FIG.05

#### ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN DE OMORI PARA REPLICAS DE TEMBLORES

José Frez-Cardenas

División de Ciencias de la Tierra, CICESE, AP. 2732, Ensenada, B.C., 22830, México

La centenario distribución de Omori modela, en su versión modificada, el decaimiento del número de réplicas de un temblor en función del tiempo con tres parámetros ajustables:  $p$ ,  $c$ ,  $K$ , siendo el primero el de más interés por medir el decaimiento de la curva de ajuste. Ya que el decaimiento es bastante rápido durante las primeras horas de actividad, es razonable esperar problemas de inestabilidad numérica en la estimación de estos parámetros. En esta presentación, se comparan tres métodos de estimación: máxima verosimilitud con búsqueda directa, máxima verosimilitud con uso del gradiente y de métrica variable en la búsqueda (Davidon-Fletcher-Powell) y mínimos cuadrados ponderados. El acuerdo entre resultados de estos métodos valida su implementación computacional. Si el segundo método se aplica directamente, y sin normalización de los parámetros, los resultados son predeciblemente insatisfactorios debido al fuerte cambio de escala en los valores del parámetro  $K$  y en la derivada correspondiente de la función de verosimilitud. Una solución opcional a la normalización consiste en hacer la búsqueda en las dos otras variables y actualizar  $K$  en cada paso, utilizando la condición de que el gradiente de  $K$  sea nulo.

Los procedimientos se aplican a casos de prueba, específicamente a réplicas de temblores de magnitud moderada que han ocurrido en las cercanías del límite entre ambas Californias. La búsqueda iterativa de ventanas óptimas en tiempo y magnitud es de especial importancia en este trabajo, particularmente para medir la significación estadística de la estimación. Aunque el método de búsqueda que utiliza gradientes encuentra soluciones -mostrando mayor inestabilidad para temblores de magnitud menor a 5.5-, los resultados indican una correlación positiva entre los tres parámetros, si es que se permite variaciones muy pequeñas de la función de verosimilitud. Al menos parte de esta correlación se debe al ajuste a variaciones (aleatorias) en la cola de la distribución. Se discute el grado de significación de los resultados utilizando el método de búsqueda directa, que se toma como el más confiable, así como la estimación asintótica (gaussiana) de la matriz de covariancias.

FIG.06

#### INVERSION 1-D DE DATOS DE GEORADAR

Octavio Lázaro Mancilla y Enrique Gómez Treviño  
CICESE, Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C.

Se presenta un método para invertir la señal de radar de penetración de terreno (GPR o Georadar) en términos de perfiles unidimensionales. Para resolver el problema inverso recurrimos al proceso de linealización de la ecuación de onda del campo eléctrico atenuado. El proceso numérico es iterativo y requiere de la evaluación del problema directo muchas veces, el cual se realiza usando el procedimiento de matrices de propagación. Esta misma



técnica se usa para la evaluación de las derivadas parciales o sensibilidades. Las expresiones analíticas para las derivadas fueron obtenidas usando la función de Green.

El problema inverso se resuelve usando el algoritmo de Occam. En este método la parametrización se realiza en términos de la primera derivada de las propiedades con respecto a la profundidad. La solución final proporciona el modelo más suave posible. El terreno es modelado usando gran número de capas delgadas para aproximar variaciones continuas de las propiedades físicas. Se muestra cómo un radargrama sintético debido a contrastes de permitividad puede ser invertido de la misma forma, usando variaciones en conductividad y permeabilidad magnética. Sólo en casos muy especiales es posible distinguir entre reflejos debidos a las tres propiedades físicas.

FIG.07

### ESTIMACIÓN ROBUSTA DE LA IMPEDANCIA MAGNETOTELÚRICA

Julio Vázquez-Estrada y José Manuel Romo-Jones  
División de Ciencias de la Tierra, Km. 107. Carret. Tijuana-  
Ensenada, Ensenada, B.C., 22680, Mexico.

Con frecuencia los campos electromagnéticos se encuentran contaminados por ruido proveniente de diferentes fuentes el cual no puede suponerse que tengan una distribución Gaussiana. Por esta razón la estimación de la impedancia utilizando la norma  $L_2$  no es la más recomendable. Para lograr buenas estimaciones con la norma  $L_2$  se requieren tiempo de registro demasiados largos y frecuentemente unos cuantos eventos ruidosos malogran la estimación. En este trabajo se presenta un algoritmo robusto, es decir menos sensible a fuentes de ruido no Gaussiano. El algoritmo se basa en una clase de estimadores de máxima probabilidad conocidos como estimadores M. Los estimadores M minimizan la norma  $L_2$  utilizando un esquema de mínimos cuadrados pesados que se resuelve iterativamente en un proceso de optimización diseñado especialmente para que unos cuantos residuales grandes no afecten sensiblemente la estimación. Esto se consigue haciendo que los pesos de "adaptan" a los datos, al calcularlos como una función de los residuales. El esquema de estimación robusto ofrece también un método de calcular el error en la estimación que tiene ventajas sobre el utilizado comúnmente en la estimación mínimo cuadrática convencional. Se presenta un ejemplo con datos reales y se analiza el funcionamiento del algoritmo y los elementos de diagnóstico que proporciona.

FIG.08

### MODELADO E INVERSIÓN DE ANOMALÍAS GRAVIMÉTRICAS ASOCIADAS CON FALLAS Y CUENCAS SEDIMENTARIAS

Juan García-Abdeslem  
Depto. de Geofísica Aplicada, División de Ciencias de la Tierra,  
CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C.  
México

Es actualmente aceptado que la formación y la evolución de muchas cuencas sedimentarias, en ambientes de tipo continental y en márgenes continentales pasivos, ha involucrado una cantidad considerable de extensión cortical, la cual se manifiesta a diferentes

escalas y es acomodada a profundidad mediante fallas normales y de tipo listrico. Cuando la geometría de las cuencas sedimentarias es controlada por fallas que yuxtaponen materiales con densidad diferente, podemos utilizar mediciones gravimétricas para inferir la geometría del fallamiento y la densidad de los sedimentos que rellenan la cuenca.

El propósito de este trabajo es el de presentar resultados preliminares sobre el desarrollo de métodos para el modelado y la inversión de anomalías gravimétricas asociadas con cuencas sedimentarias y con fallas. En la primera parte de este trabajo se presenta la derivación de una expresión matemática que permite modelar la anomalía gravimétrica producida por un cambio lateral en la densidad del subsuelo, en una región cuya geometría está controlada por fallas de tipo normal o inversas y se muestran ejemplos sencillos en donde la densidad es constante y cuando varía únicamente con la profundidad. En la segunda parte del trabajo se muestra una metodología para resolver el problema inverso lineal, la cual se ilustra con algunos ejemplos de su aplicación a datos sintéticos, en donde conociendo la geometría se infiere la densidad. Finalmente, se discuten las limitaciones del método.

FIG.09

### EL PROBLEMA INVERSO EN GEOHIDROLOGIA: IDENTIFICACION DE PARAMETROS DEL ACUIFERO

Rogelio Vázquez-González  
CICESE, Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C.

Se presenta una descripción general de los principales métodos para la determinación de los parámetros que gobiernan el flujo en un acuífero. En particular, se consideran como objetivo del problema inverso la estimación de la transmisividad hidráulica y el coeficiente de almacenamiento, a partir de medidas de la altura piezométrica y los términos fuente presentes en el acuífero. Para la solución de este problema inverso en el caso discreto, se han desarrollado métodos directos basado en la solución de un sistema de ecuaciones lineales, o bien, métodos indirectos o no lineales que permiten tomar en cuenta los errores en las mediciones del potencial. Se presenta además en forma breve la aproximación estocástica. Finalmente se exponen los conceptos fundamentales en los que se basa un método para la solución del problema inverso, que permite utilizar la información de la altura piezométrica y los términos fuente para diferentes condiciones de flujo. El problema inverso en geohidrología forma parte del problema más general que constituye la validación de un modelo de gestión del acuífero, es decir, establecer si el modelo es capaz de reproducir con suficiente certeza el comportamiento real del sistema.

FIG.10

### SOBRE LA ASIMILACIÓN DE DATOS EN LA MODELACIÓN DE LA MAREA OCEÁNICA

Juan H. Gaviño R.<sup>1</sup>, Wilfried Zahel<sup>2</sup> y Dirk Grawunder<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> CEUNIVO, Universidad de Colima, AP. 275. Manzanillo,  
Colima, 28200 México  
<sup>2</sup> Institut für Meereskunde, Uni-Hamburg, Troplowitzstr. 7, D-  
22529 Hamburg, Germany.

Se presentan en particular dos métodos de asimilación de datos en modelos globales de marea que consideran efectos de carga



oceánica y atracción gravitatoria mutua, uno basado en la minimización por cuadrados mínimos de un funcional que depende de los residuos en los datos y la dinámica del modelo, y otro en la minimización de una combinación lineal de funciones adjuntas de Green en los puntos asimilados. Se muestran para las 8 componentes principales de Marea diurna y semidiurna (K1, O1, P1, Q1, M2, S2, N2, K2) los resultados de la asimilación de un conjunto de datos pelágicos, costeros y gravimétricos y de un número seleccionado (~1425) de elevaciones mareográficas en las intersecciones de ascenso y descenso del Topex-Poseidon. Los diferentes cálculos indican que la asimilación introduce apropiadamente la información empírica en los modelos teóricos mejorando significativamente su consistencia con la realidad al corregir su dinámica y producir cantidades que caracterizan el balance energético, la interacción de las mareas oceánica y terrestre, la influencia de la marea sobre la gravedad y rotación terrestres más acordes con las mediciones.

FIG.11

### PIECEWISE SMOOTH MODELS FOR ELECTROMAGNETIC INVERSE PROBLEMS

Hugo Hidalgo<sup>1</sup>, José L. Marroquín<sup>2</sup> and Enrique Gómez-Treviño<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CICESE. Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C.

<sup>2</sup> CIMAT. Callejón Jalisco s/n. Valenciana, Gto. México

Electromagnetic soundings have been applied to estimate subsurface structure for long time. Among electromagnetic soundings, magnetotelluric is one of the most employed today. The objective of the magnetotelluric method is to obtain estimates of the resistivity distribution at depth associated with subsurface geological structures. The method has been successfully applied to obtain information of earth's electrical conductivity, temperature regimes, and geologic structure. In this method, several measurements of the ratio of electric and perpendicular magnetic fields at surface of earth are taken. Considering that the underground structure is one-dimensional, a simplification is made on the problem equations, but one of the main characteristics of the MT inverse problem, its non-linearity, remains. Several methods have been developed to cope with this problem, linearization, asymptotic behaviour study, exact methods, but not a general approach has been developed yet. Constable *et al.* develop smoothest models by a procedure named Occam. It consists of regularization applied to a linearized model of the 1D MT problem. We propose algorithms to develop smooth-piecewise models, instead of smoothest, as performed by Occam.

The main assumption of Constable *et al.* is that the subsurface has a continuous shape. Several authors confirm that real earth is composed of some layers overlain a homogeneous half-space, i.e. a piece-wise continuous model, instead of a smooth model. Our main objective is to develop algorithms that incorporate discontinuities in the models. In order to develop the discontinuous models, we apply a method known in Computer Vision as *Line Process* (LP). LP model assumes piece wise smoothness, which is obtained by switching off the smoothness constraint at points where the magnitude of signal's derivative exceeds certain threshold. As in Occam, we work with a multilayer model, and LP is defined in a lattice. For every interface between two model segments exists a binary variable  $l_i$ . When  $l_i=1$  (inactive) the model smoothness

is not affected, but if  $l_i=0$  (active), a discontinuity has been detected and inserted in between  $m_{i-1}$  and  $m_i$ . The algorithms are derived of the regularizing Tikhonov functional, by adding the binary variables and also restricting the number of discontinuities in the model. The results are presented for the MT problem, but can also be applied to Schlumberger soundings and even to linear methods.

FIG.12

### TWO-DIMENSIONAL IMAGING OF ELECTROMAGNETIC, DC RESISTIVITY AND MAGNETOMETRIC RESISTIVITY (MMR) DATA

S. Méndez-Delgado, M.A. Pérez-Flores, M.G. Rodríguez, E. Gómez-Treviño

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

We use an integral equation approach to generate 2-D resistivity distributions from different types of electrical and electromagnetic data. The resistivity distributions are obtained in a single iteration applying a linear-like type of approximation. We use quadratic programming to solve the integral equations and apply constraints to the derivatives of the resistivity distributions. The resulting models are smooth and of minimum structure, having only those features strictly required by the data. Considering electrical and magnetic dipoles as sources and receivers, the resolving power of the different methods follow this order: DC resistivity, magnetometric resistivity (MMR) and last, electromagnetic induction. This order is reversed when considering depth of penetration. We present the results of numerical experiments and apply the imaging method to different types of field data.

FIG.13

### REGRESIONES LINEALES Y PROPAGACIÓN DE ERRORES EN LAS GEOCIENCIAS

J.J. Morales-Contreras

Instituto de Geofísica, UNAM, México, D.F., 04510

Una vez superadas las dificultades técnicas intrínsecas de cada experimento en particular, el investigador se enfrenta invariablemente a la necesidad de manipular sus datos.

Por cuestiones prácticas, el análisis de los datos se realiza ocasionalmente mediante el empleo de hojas de trabajo o paquetería comercial, sin tomar en cuenta las características del programa ni la naturaleza misma de los datos. En general, dichos programas efectúan regresiones por mínimos cuadrados tradicionales, inapropiadas cuando ambas variables poseen incertidumbres. Además de lo anterior, algunos de estos programas fueron desarrollados para sistemas ya fuera de uso o bien, el formato de los datos de entrada es incompatible con el de los nuestros, o sólo se tiene la forma ejecutable del programa. Lo anterior conduce a confiar ciegamente en los resultados generados por el programa sin estar en condiciones de evaluar los mismos. Mediante dos ejemplos, uno en la geocronometría y otro en paleomagnetismo, se muestra claramente que entre las diferentes versiones de estos programas existen diferencias substanciales que están en el orden de varios puntos porcentuales. También se ilustra la falta de control



en la propagación de errores. Se recomienda la selección del algoritmo más adecuado dependiendo de la evaluación previa de la naturaleza de los datos y de sus errores intrínsecos.

FIG.14

#### INVERSION UNIDIMENSIONAL DE MEDICIONES ELECTROMAGNETICAS DE BAJA FRECUENCIA

Karla Paola Garza García, Enrique Gómez Treviño y Francisco Esparza Hernández  
División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Km 107 Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C. México

En un trabajo anterior consideramos la inversión de mediciones electromagnéticas de baja frecuencia para el caso de dipolos magnéticos verticales. En ese trabajo se demostró que los operadores de mínima estructura producen modelos más estables que los de mínima norma, y se recomendaba su utilización en interpretaciones de rutina. Para lo anterior se representaba a la tierra en términos de perfiles continuos de conductividad desde la superficie hasta una profundidad infinita. Cuando intentamos generalizar el método para incluir mediciones tomadas con dipolos horizontales, nos dimos cuenta de la imposibilidad de continuar en la misma dirección. El problema consiste en que la matriz de productos internos es divergente para el caso de dipolos magnéticos horizontales. Como nuestro propósito original era invertir conjuntamente mediciones de ambos tipos de dipolos, fue necesario reformular el problema para evitar los problemas de divergencia en el caso de dipolos horizontales. En el presente trabajo se describe la nueva estrategia para la inversión conjunta. Se siguen considerando perfiles continuos de conductividad, pero se introduce una discontinuidad a determinada profundidad para salvar la convergencia. A partir de esa profundidad se supone que la tierra es homogénea y se considera también como incógnita a su valor de conductividad. Se presentan experimentos numéricos y aplicaciones a datos de campo del algoritmo de inversión conjunta.

FIG.15

#### INVERSIÓN DE SONDEOS ELÉCTRICOS MEDIANTE REDES NEURONALES

Francisco J. Esparza y Joel E. Rodríguez  
CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México

El Problema de la interpretación de sondeos eléctricos puede abordarse de varias maneras. Un método clásico es el método de Newton-Raphson, que consiste en una aproximación lineal a la ecuación de continuidad que gobierna el comportamiento del potencial eléctrico. Debido a que utiliza una aproximación lineal, el método es iterativo, i.e. tiene que resolverse varias veces un problema lineal. Otra manera de encontrar la distribución de la resistividad eléctrica, es a través de una red neuronal artificial. La red es entrenada con la información de la resistividad aparente en la entrada y la resistividad real como salida. Con el propósito de utilizar funciones suaves en la resistividad eléctrica real, se utiliza la filosofía de Occam. Los resultados a presentar incluyen interpretación utilizando modelos de 3 o más capas, así como la interpretación de datos de campo.

FIG.16

#### APPROXIMATE LINEAR INVERSION OF MAGNETOTELLURIC DATA IN TWO DIMENSIONS

Francisco J. Esparza, Ulises Rodríguez, J.M. Romo, and E. Gómez-Treviño  
División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.

We approximate an exact integral equation for EM inverse problems by a particular linear relationship with attractive alternative to classical linearization. Linearized inversions of magnetotelluric data are normally tied to the requirement of assuming a single reference model, although this model may change from iteration to iteration. In this paper we present an approximate method that allows the use for many initial models simultaneously and provides reasonably good fits to the data in a single iteration. The ground is modeled using two-dimensional resistivity distributions whose variations are controlled by applying quadratic programming to the spatial derivatives. In this we follow the Occam's philosophy of minimum structure in order to avoid features not strictly required by the data. The models are directly generated from the data set, which may contain either TE or TM measurements or both. Models can also be generated from the determinant of the impedance and from Tipper measurements. We test the performance of the method by means of numerical experiments and present applications to field data from geothermal areas.

FIG.17

#### ONE-DIMENSIONAL INVERSION OF RESISTIVITY AND INDUCED POLARIZATION DATA FOR THE LEAST NUMBER OF LAYERS

Francisco J. Esparza and E. Gómez-Treviño  
División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C.

An automatic inverse method has been developed for generating layered earth models from electrical sounding data; the models have the minimum number of layers required to fit a resistivity sounding curve, or a combined resistivity and induced polarization sounding. The ground is modeled using a very large number of thin layers to accommodate arbitrary variations. The properties of the layers are optimized using as a constraint the  $L_1$  norm of the vertical derivative of the profile. The use of linear programming leads to piecewise uniform profiles which simulate the traditional models of a few uniform layers. The process automatically accommodates from the simplest model of a uniform half-space to models of many layers, without fixing *a priori* the number of discontinuities. The solution is sought by iterating a new linear approximation similar to the classical process of linearization, except that the reference model is not present in neither the data nor the unknown vectors. In the case of induced polarization soundings the problem is linear and the solution is obtained in a single iteration, provided an adequate resistivity model is available. The performance of the method is illustrated using numerical experiments and published deep resistivity data from Australia. The method is also applied to combined resistivity and induced polarization soundings from a local groundwater prospect in Mexico.



FIG.18

# **APPROXIMATE DEPTH AVERAGES OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY FROM SURFACE MAGNETOTELLURIC DATA**

E. Gómez-Treviño

Depto. de Geofísica Aplicada, División Ciencias de la Tierra,  
CICESE, A.P. 2732, Ensenada, B.C., 22860

This paper presents a simple nonlinear method of magnetotelluric inversion that accounts for the computation of depth averages of the electrical conductivity profile of the earth. The method is not exact but it still preserves the nonlinear character of the magnetotelluric inverse problem. The basic formula for the averages is derived from the well known conductance equation, but instead of following the tradition of solving directly for conductivity, a solution is sought in terms of spatial averages of the conductivity distribution. Formulas for the variance and the resolution are then readily derived. In terms of Backus-Gilbert theory for linear appraisal, it is possible to inspect the classical trade-off curves between variance and resolution, but instead of recurring to linearized iterative methods the curves can be computed analytically. The stability of the averages depends naturally on their variance but this can be controlled at will. In general, the better the resolution the worse the variance. For the case of optimal resolution and worst variance, the formula for the averages reduces to the well known Niblett-Bostick transformation. This explains why the transformation is unstable for noisy data. In this respect, the computation of averages leads naturally to a stable version of the Niblett-Bostick transformation. The performance of the method is illustrated with numerical experiments and applications to field data. These validate the formula as an approximate but useful tool for making inferences about the deep conductivity profile of the earth, using no other information or assumption than the surface geophysical measurements.

FIG.19

# **INVERSION OF MAGNETOTELLURIC SOUNDINGS USING A NEW INTEGRAL FORM OF THE INDUCTION EQUATION**

Francisco J. Esparza and E. Gómez-Treviño

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

Electromagnetic inverse problems can be formulate using exact non-linear integral equations similar to the traditional linearized equations. It has been suggested by other workers that, while these exact equations are correct, they are not an appropriate basis for general inversion algorithms, in particular for magnetotelluric soundings. In this paper we present a general inversion algorithm based on the exact equation for magnetotelluric soundings. The integral equation is derived directly from the 1-D electromagnetic induction equation using elementary operations, and it is solved numerically by iterations using linear programming techniques. At each iteration the equation is approximated by a linear relationship similar to that of traditional linearization, except that the data and the conductivity profile are not referred to as perturbations, although a reference model is still needed for computing

derivatives. It is argued that the method is a natural extension of the Niblett-Bostick transformation for magnetotelluric soundings. The performance of the method is illustrated using numerical experiments and applications to field data.

FIG.20

# **IMPLICATIONS OF SPATIAL FILTERING FOR THE RESOLVING POWER OF MAGNETOTELLURIC DATA**

Francisco J. Esparza and E. Gómez-Treviño

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

The interpretation of magnetotelluric data, using either inverse methods or data-filtering techniques, is underlain by the fundamental question of how can surface measurements be combined to best estimate the underground resistivity distribution. Existing methods differ from each other in that they apply different combination rules. Deciding what is optimal, necessarily requires a common ground for comparison. In terms of the simplest case: What is the difference between a standard magnetotelluric measurement and a spatially filtered datum? Can they be compared? Our approach to the problems is to represent individual measurements as weighted averages of the underground resistivity distribution. Applying this representation to linear combination of measurements, allows a direct comparison between processed and unprocessed data. The analysis is further extended to include two-dimensional Backus-Gilbert resolving kernels for both types of data. Our results indicate that spatial filtering introduces a focusing effect that greatly improves the resolution at depth.



SOD.01

### **ESTIMACIONES ESTADÍSTICAS DE PRIMER Y SEGUNDO ORDEN DE SUPERFICIES RUGOSAS ALEATORIAS UTILIZANDO UNA FUNCIÓN DE BRILLO GAUSSIANA**

Mark Marín-Hernández y Josué Álvarez-Borrego  
Depto. de Optica, División de Física Aplicada, CICESE,  
Ensenada, B.C., México

La función de brillo Gaussiana describe físicamente el perfil de intensidad de la fuente de luz cuando éste tiene ésta forma. Las funciones de brillo Rect o Circ describen un perfil de intensidad uniforme de la fuente de luz.

Este trabajo ha sido motivado por la inquietud de algunos investigadores que han trabajado en este mismo campo o en áreas similares y que han comentado que posiblemente una manera mas sencilla de describir las estadísticas de primer y segundo orden de superficies rugosas aleatorias, mediante el análisis de imágenes remotas, sea a través de una función de brillo Gaussiana y no mediante una función de brillo Rect o Circ. Para poder comprobar esto, se siguió la misma metodología de análisis de imágenes remotas desarrollada por Alvarez Borrego J. y se utilizaron los mismos parámetros geométricos con las mismas superficies uni y bidimensionales utilizadas anteriormente. Los resultados mostraron que con la función de brillo Gaussiana es posible obtener una relación analítica en las ecuaciones y no tan solo numérica como sucede al utilizar las funciones Rect o Circ. Pero al analizar el comportamiento de las relaciones analíticas obtenidas en las distintas geometrías, pudo observarse que los valores obtenidos de variancia y de la correlación son muy pobres. Además, la imagen que se obtiene al utilizarse una función de brillo Gaussiana nos deja con el problema inicial de tener un rango de valores de grises en la imagen y esto es una dificultad cuando uno desea aplicar este modelo a situaciones físicas reales. En conclusión, podemos decir con toda certeza que las funciones de brillo Rect (para una dimensión) y Circ (para el caso bidimensional) son de mayor utilidad en la aplicación del modelo, que una función de brillo Gaussiana.

SOD.02

### **FLUJO DE OLEAJE DEBIDO A LA PRESENCIA DE UN ROMPEOLAS PERMEABLE SUMERGIDO**

Rodolfo Silva, Iñigo Losada y Carlos Sánchez  
Depto. de Hidraulica, Instituto de Ingeniería, UNAM, CU. AP.  
70472, CP. 04510, D.F., México

Un dique sumergido es un tipo de estructura de control del oleaje construido con su coronación por debajo del nivel medio del agua. Normalmente se adopta esta solución, de dique disipador de energía, como protección parcial frente al ataque del oleaje. La efectividad de un dique permeable sumergido se debe a su capacidad de reflejar y absorber la energía, así como de disiparla permitiendo que solo una fracción de la energía del oleaje incidente sea transmitida hacia la costa. La estabilidad de este tipo de estructuras invariablemente depende del campo de velocidades y aceleraciones, así como de las características mecánicas de las piezas que lo constituyen.

Para realizar la deducción de la ecuación de pendiente suave sobre un medio poroso, la ecuación que gobierna el movimiento es integrada verticalmente obteniéndose una ecuación elíptica bidimensional basada en la suposición de pendiente suave, para lo cual se considera que la longitud de onda es mucho más pequeña que la escala horizontal de variación de la profundidad. La derivación se realiza siguiendo la metodología presentada por Mei (1985).

El flujo dentro y sobre una estructura permeable sumergida, se trata como sigue. En el caso de fondo poroso horizontal, los potenciales  $F_1$  y  $F_2$ , se pueden expresar como (Silva, 1995): donde  $s$  es la amplitud compleja de la superficie libre del agua,  $\omega$  es la frecuencia angular, y  $M(z)$  y  $P(z)$  son funciones de la profundidad. Se considera que estas soluciones son aplicables a una profundidad variando lentamente por el uso de sus valores. En general, las ecuaciones de gobierno derivadas de las ecuaciones para un flujo incompresible se pueden expresar en términos del potencial de velocidades. Aplicando las condiciones de frontera adecuadas se puede obtener la ecuación de pendiente suave. Para verificar la validez del modelo numérico propuesto, se han utilizado resultados experimentales presentados por Rojanakamthorn et al. (1989), y se han comparado contra los resultados del modelado numérico, que se obtuvieron para un tren monocromático, porosidad  $\epsilon=0.39$ , coeficiente de masa añadida  $s=1$ , y el coeficiente de fricción calculado bajo la hipótesis equivalente de Lorentz, la amplitud de las olas decrece rápidamente mientras pasa a través del dique sumergido. Esto indica que una cantidad de energía del oleaje ha sido disipada por el dique. Se presenta el campo de velocidades y aceleraciones, respectivamente, para  $t=0.8 T$ . El modelo matemático desarrollado muestra buen acuerdo con resultados obtenidos experimentalmente.

SOD.03

### **HIPÓTESIS DE EQUIVALENCIA APLICADA A PROBLEMAS DE FLUJO EN TALUDES DE ROMPEOLAS**

Georges Govaere, Rodolfo Silva y Carlos Sánchez  
Depto. de Hidráulica, Instituto de Ingeniería, UNAM, CU. AP.  
70472, CP. 04510, D.F., México

Cuando una ola incide sobre un dique coronado sobre el nivel medio del agua en reposo, el agua se desplaza sobre él. El proceso en que el agua asciende por el talud, si no llega a alcanzar la cota de coronación del dique, es conocido como run up; mientras que si la altura de la estructura es inferior a la alcanzada por el agua, parte de la masa del agua desbordará el dique, produciéndose el fenómeno denominado overtopping o rebase. El punto de máximo descenso sobre el dique es conocido como run down. En este trabajo se estudiaron diferentes maneras de estimar el run up y el run down. Conocer la magnitud del run up y del run down es muy importante para el diseño de estructuras costeras. El run up determina la magnitud del francobordo necesario para evitar rebases en diques, rompeolas etcétera. El run down ayuda a determinar la máxima distancia debajo del nivel medio del agua en que se tendrán las mayores velocidades del agua y donde se deben de colocar las piezas de mayor peso.

Para taludes rugosos, Losada y Giménez-Curto (1979), basados en las experimentaciones realizadas por otros



investigadores proponen una ley del tipo; donde los coeficientes  $A_u$  y  $B_u$  varían dependiendo de las características del tipo de piezas del talud y  $I_r$  es el número de Iribarren, el cual da información sobre el tipo de rotura del oleaje. Esta fórmula está basada en oleaje regular. La hipótesis de equivalencia permite utilizar esta expresión para el caso del oleaje irregular. Losada expresó la hipótesis de equivalencia de la siguiente forma: "En un estado de mar, definido por su  $H_s$ ,  $T$  y los parámetros espectrales  $e$  y  $u$ , las variables tales como el tipo de rompiente, run up, run down, y otras pueden ser consideradas variables aleatorias que adquieren un valor diferente para cada ola dentro de un estado de mar. La función de distribución de esas variables aleatorias puede ser obtenida asignando a cada ola irregular individual el mismo valor que sería producido por un tren de ondas periódico de la misma altura de ola y del mismo período. Es importante resaltar la naturaleza estadística de esta hipótesis, la cual no necesariamente implica que cada onda individual genere la misma manifestación del fenómeno como el tren de ondas regular equivalente, pero es menos restrictivo; esto se refiere al promedio de muchos valores más que a ondas individuales."

Se generaron diferentes series de oleaje a partir de un mismo espectro TMA para estudiar la influencia del factor de agrupamiento en el run up. Estas series luego se propagaron numéricamente contra un talud por medio del programa RBREAK desarrollado por Wurjanto y Kobayashi (1991), encontrando así el run up para oleaje irregular. Este método se utilizará como método de referencia al comparar las diferentes aproximaciones propuestas. Las aproximaciones ingenieriles se basan en la observación de varios autores de que la distribución de probabilidad del run up se parece a las distribuciones del oleaje. Se adaptaron las distribuciones de probabilidad de altura de ola disponibles para poderlas utilizar para el caso del run up, utilizando para ello la fórmula propuesta por Losada.

Conclusiones: Para probabilidades de excedencia de hasta 1% el factor de agrupamiento no tiene mucha influencia. El método de oleaje regular, utilizando directamente la hipótesis de equivalencia da buenos resultados. Las aproximaciones ingenieriles propuestas generan resultados muy cercanos a la realidad y se pueden aplicar de manera bastante sencilla.

SOD.04

#### **ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE SUPERFICIES RUGOSAS ALEATORIAS CONSIDERANDO DIFERENTES FUNCIONES DE BRILLO: RESULTADOS EXPERIMENTALES**

Mark Marín Hernández, H. Leticia Ramírez Zaragoza y  
Josué Álvarez Borrego  
Depto. de Optica, División de Física Aplicada, CICESE

Se fabricaron superficies rugosas aleatorias con ciertas estadísticas específicas. La técnica consiste en producir una superficie rugosa aleatoria sobre una placa cubierta con fotorresina al exponer las placas a patrones de granulado (speckle). El objetivo de este trabajo es comparar las propiedades estadísticas obtenidas con un modelo no lineal desarrollado en CICESE, con los resultados obtenidos usando otros métodos, por ejemplo perfilometría. En el arreglo experimental cada superficie fué iluminada con una fuente de luz blanca a diferentes ángulos de incidencia obteniéndose de

esta manera varias imágenes de los respectivos patrones de brillo (imágenes de la reflexión especular). Se analizaron alrededor de 40 imágenes de patrones de brillo para cada superficie bidimensional. La diferencia de este trabajo con otros en el pasado es que ahora se han empleado dos funciones de brillo distintas. Los resultados experimentales han mostrado que una función de brillo Gaussiana no funciona tan adecuadamente, como algunos colegas lo habían sugerido y que la función de brillo bidimensional Circ utilizada en experimentos anteriores por uno de los autores de este trabajo sigue siendo la más indicada.

SOD.05

#### **EL ESPECTRO DIRECCIONAL DEL OLEAJE EN PLAYA HUATABAMPITO, SONORA**

Pedro Rosales-Grano  
Instituto Tecnológico del Mar, Guaymas, Carret. al Varadero  
Nacional Km. 4, Guaymas, Sonora

Se analizan datos de presión y velocidades orbitales durante tres campañas de medición, la primera comprendió del día 3 al 15 de octubre, la segunda del 19 al 31 del mismo mes y la tercera inició el 4 de noviembre de 1994. La playa Huatabampito, forma parte de la barra de la Bahía de Yavaros, Sonora. Las mediciones se hicieron con un corrientímetro electromagnético equipado con un sensor de presión, programado para que grabara durante 10 minutos cada dos horas, el intervalo de muestreo fue de 0.5 s, se obtuvieron 1200 muestras por variable registrada, presión  $p$ , y velocidades orbitales  $u$ ,  $v$  grabando un total de 307 paquetes de datos. El sensor fue colocado a una distancia aproximada de 500 m de la línea de costa, a una profundidad promedio de 3.5 m. La información recabada se recuperó en código binario y hexadecimal, se calcularon los espectros de energía para cada paquete de datos utilizando 1024 muestras de presión. En general los períodos de máxima energía oscilaron entre los 4 y 10 segundos presentándose con mayor frecuencia los períodos de 5 y 6 s. Los espectros direccionales de oleaje se determinaron de los registros de presión y las dos componentes de velocidad orbital, calculando los 5 primeros coeficientes de la expansión en series Fourier del espectro direccional. La altura de ola significativa máxima que se registró fue de 1.01 m en la primera campaña, de 0.4 m en la segunda y de .60 m en la tercera. La dirección predominante fue de  $190.78^\circ$  proveniente del SSW en la primera campaña, de  $206.57^\circ$  proveniente del SSW en la segunda y de  $221^\circ$  proveniente del SW para la tercera. Estas son las primeras mediciones directas de oleaje que se realizan en la zona, es recomendable hacer mediciones para un ciclo anual, pues estas validan solo la estación de Otoño. Las mediciones fueron realizadas dentro del contexto del proyecto "Estudio de Factibilidad Técnica Económica y Proyecto de Obras de Degrado para la Rehabilitación de la Zona Estuarina de Yavaros, Sonora".

SOD.06

#### **SIMULACIÓN DEL ESPECTRO DIRECCIONAL DEL OLEAJE Y SU EVOLUCIÓN EN REGIONES DE PROFUNDIDAD FINITA**

P. Osuna y F.J. Ocampo-Torres  
Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km. 107 Carret.  
Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México



Se presentan resultados de un estudio numérico sobre la evolución del oleaje en regiones de profundidad finita utilizando dos versiones del modelo WAM (*Ciclo\_3* y *Ciclo\_4*). Algunos de los resultados fueron comparados con mediciones adquiridas mediante un sensor de presión en una localidad cercana a la costa. Se observó que los modelos simulan aceptablemente la dirección promedio del oleaje y el período del pico espectral en la estación de muestreo, sin embargo sobrestiman significativamente la energía en todo el espectro durante condiciones de calma y la subestiman alrededor del pico espectral durante condiciones extremas de oleaje. Las comparaciones indican que la fricción con el fondo no es relevante en la estación en que fueron obtenidos los datos por el sensor de presión. Algunas características particulares de los espectros (la presencia del swell y el rápido crecimiento en frecuencias altas) fueron mejor simuladas por la versión *Ciclo\_4* del modelo. La evolución del oleaje dentro de la bahía está determinada principalmente por los procesos de refracción, someramiento y, muy cerca de la costa, por la fricción con el fondo. Al incluir un campo sintético de corrientes de marea los resultados de la simulación no se modifican.

SOD.07

### **CARACTERÍSTICAS DEL OLEAJE INFERIDAS A PARTIR DE IMÁGENES DE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA**

Francisco J. Ocampo Torres

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km. 107 Carret.  
Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México

Se utilizan algunas porciones de una imagen de la región del Golfo de Tehuantepec, adquirida con el radar de apertura sintética mientras funcionaba a bordo del satélite Europeo ERS-1. Al recurrir a escalar el espectro de la imagen en base a los resultados del espectro direccional del oleaje en aguas profundas, se obtiene información detallada del oleaje cercano a la Costa.

Se ilustra la utilidad del tipo de información obtenida desde satélites para la determinación del espectro direccional del oleaje en regiones de aguas someras y se discute la posibilidad de proporcionar las características del oleaje en aguas profundas a partir de la simulación numérica del fenómeno mediante un modelo de tercera generación que se aplica a la cuenca del Océano Pacífico.

SOD.08

### **ESTUDIO NÚMÉRICO DE REFRACCIÓN DE OLEAJE Y DE CIRCULACIÓN EN LA COSTA DEL ESTADO DE COLIMA**

Marco A. Galicia Perez y Juan H. Gavinho Rodríguez

Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas,  
Universidad de Colima, AP. 275. CP. 28200. Manzanillo, Col.

E-mail: galicia@cigic.uco.mx

E-mail: gavinho@volcan.uco.mx

En una franja costera de aproximadamente 20 Km de ancho y 135 Km de largo que va desde Bahía San Telmo hasta Barra de Navidad y discretizada en una malla de 1 km<sup>2</sup> se presentan los resultados de un estudio de refracción de oleaje y de la modelación bidimensional y tridimensional de la circulación barotrópica por

viento de la región, se observa claramente la influencia de los cañones submarinos frente a los ríos Armeria y Coahuayana, mostrando en la vecindad de ambas bocas (en el caso de la refracción) fuertes patrones de erosión (que concuerda con las observaciones después de haberse reducido grandemente su flujo de sedimentos al mar por obras civiles río arriba). La circulación por arrastre de viento muestra los patrones clásicos, donde la dirección de la corriente la determina por lo general la componente del viento a lo largo de la línea de costa.

SOD.09

### **MODELO NUMÉRICO ESPECTRAL DE PREDICCIÓN DEL OLEAJE**

José Antonio Salinas Prieto

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac  
# 8532. Col Progreso, Jiutepec, Mor. 62550.

Partiendo de teorías de generación, advección, y disipación de oleaje, así como de resultados surgidos de experimentos y mediciones realizadas por diversas instituciones se desarrolla, implementa y valida un modelo numérico espectral de predicción de oleaje (*MOES*). El modelo propuesto integra numéricamente la ecuación de conservación de energía. El manejo de los términos fuente se basó en el método de Densidad Espectro-Angular Fons (1966) y Gelci et al. (1978). Se considera una propagación independiente de bandas espectrales. La transferencia de energía se simula suponiendo una dependencia en crecimiento entre componentes espectrales, por lo que se puede clasificar como Modelo Discreto Acoplado. Las interacciones no lineales entre componentes espectrales se parametrizan mediante el modelo propuesto por Resio (1981), el cual está basado tanto en el experimento JONSWAP (1973) como en el espectro de Kitaigorodskii (1962).

Se simula numéricamente la distribución espacio-temporal de las principales características espectrales del oleaje. Las simulaciones se realizaron para 16 bandas de dirección y frecuencia, con una resolución de 5.6 ° y de 0.015 Hz., respectivamente. La frecuencia espectral máxima es de 0.25 Hz. La integración numérica de las ecuaciones diferenciales del modelo se basó en el método conocido como Volumen Finito (Patankar, 1980). La validación del modelo se efectúa comparándolo con otros, los cuales fueron ejecutados con condiciones iniciales y de frontera similares. Las estrategias de prueba aplicadas en este trabajo se adecúan a las propuestas por el grupo SWAMP (1985). El modelo *MOES* predice adecuadamente la advección, crecimiento, amortiguamiento y migración de la frecuencia de máxima energía del oleaje, no obstante su respuesta a cambios súbitos espacio-temporales del campo de viento no es inmediata ni confiable, tal vez debido a la transferencia no lineal entre componentes espectrales, la cual fue parametrizada.



SRM.01

### UN ESTUDIO TELESÍSMICO DEL SISMO DE COLIMA (OCTUBRE 9, 1995)

David Escobedo, Gerardo Suárez y Javier Pacheco  
Depto. Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM, CU.,  
México, D.F.

El 9 de octubre de 1995 ocurrió un sismo de gran magnitud ( $M_w=8.1$ ) en las costas de Colima. Este sismo causó daños en las costas de Colima y Jalisco. La localización de este evento desde el punto de vista tectónico presenta problemas debido a la incertidumbre que existe en la ubicación de la frontera entre las placas de Cocos y Rivera.

Se realiza la inversión de ondas para los sísmos del 6, 9, 12 de octubre (precursor, principal y réplica), y 12 de diciembre de 1995 en Colima. Para esto se utilizó la técnica propuesta por Nabelek (1984), la cual permite invertir el azimut, buzamiento, desplazamiento, profundidad y momento sísmico de los eventos. Con esto se determina un número de 3 subeventos para el sismo principal y una dirección de ruptura  $N40^\circ W$ , así como una función de tiempo para los cuatro eventos.

El mayor sismo registrado instrumentalmente en México (junio 3, 1932,  $M=8.2$ ), rompió una longitud de falla cercana a los 220 Km (Singh et al., 1985). El sismo de Colima rompió prácticamente el mismo segmento que el sismo de 1932. Estos datos se confirman con la inversión de desplazamiento realizada en Jalisco a partir de datos de GPS, (Melbourne, et al., 1996) y con las réplicas medidas por una red temporal.

SRM.02

### LA HISTORIA DE LA RUPTURA DEL TEMBLOR DE JALISCO DEL 9 DE OCTUBRE, 1995 ( $M_w 8.0$ )

Vyacheslav M. Zobin  
Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima, Colima,  
Col., 28045, México

Se aplica un método lineal de inversión a ondas P registradas a distancias telesísmicas por el temblor del 9 de octubre de 1995, ocurrido en Jalisco, México, para inferir la distribución cosísmica sobre el plano de falla. En un estudio reciente se analizaron los 14 registros de banda ancha por la red GDSN. Los resultados obtenidos muestran que la ruptura ocurre en un área de  $180 \times 90 \text{ km}^2$  a lo largo de la trinchera Mesoamericana, a profundidades comprendidas entre 9 y 33 km, y con una duración de 55 s. Hay dos etapas principales en la formación de la ruptura: primero, durante los primeros 18 s, dos asperezas mayores del área total de  $4,000 \text{ km}^2$  fueron destruidas a profundidades entre 12 y 15 km con desplazamiento máximo de 610 cm; luego, se observó un desarrollo frontal de la ruptura al norte, a lo largo de la trinchera, durante 37 s con una velocidad aparente de 1-2 km/s. La historia temporal de la fuente indica que la ruptura se propagó del hipocentro hacia la frontera entre las placas de Rivera y Cocos (Graben El Gordo), y luego a lo largo de la frontera entre las placas de Rivera y Norteamericana, y puede ser asociada con la actividad subductiva de la placa de Rivera.

SRM.03

### PROCESO DE RUPTURA DEL TERREMOTO DEL 9 DE OCTUBRE, 1995, DE COLIMA-JALISCO ( $M_w=7.9$ )

Francoise Courbouloux, Javier F. Pacheco, Shri K. Singh y  
Charles Ammon  
Depto. Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM, Coyoacán,  
CP. 04510, México, D.F.

El mayor terremoto registrado en México, durante el presente siglo ( $M_s=8.2$ ), ocurrió frente a las costas de Jalisco, en 1932. El 9 de octubre de 1995 ocurrió otro sismo de gran magnitud ( $M_w=7.9$ ) en la misma región, que causó graves daños en varias ciudades y pueblos de la región. El estudio de la ruptura de este sismo puede ayudar a entender los mecanismos de generación de grandes sísmos frente a las costas de Jalisco y Colima.

El estudio de la ruptura del temblor del 9 de octubre se lleva a cabo utilizando el método de deconvolución de la función empírica de Green. Las ondas superficiales, registradas a distancias telesísmicas, del preevento del 6 de Octubre ( $M_w=5.8$ ) y la réplica del 12 de Octubre ( $M_w=6.0$ ), se utilizan como funciones empíricas de Green para ser deconvolucionadas de los registros del evento principal utilizando la división espectral. Se determina una fuerte directividad, la cual sugiere una ruptura unilateral que se propaga hacia el WNW. La duración para la fuente se determina de 62 segundos y muestra un gran pulso de energía 45 segundos después del inicio de la ruptura.

Por medio de una inversión de Radón, se logra mapear la propagación de la ruptura en una dimensión. Por medio de este método se determina que la ruptura consiste de 3 subeventos, iniciándose cerca de 20 km de las costas de Manzanillo, se propaga unilateralmente hacia el WNW, por una longitud de 150 km a una velocidad promedio de 2.8 km/s. La mayor liberación de momento sísmico se produce 45 segundos después del inicio de la ruptura y se concentra 100 km al WNW de Manzanillo. Este escenario es consistente con la solución obtenida por Melbourne et al., 1996, a través de la inversión de los datos de deformación del suelo.

SRM.04

### ESTUDIO DE LAS RÉPLICAS DEL TERREMOTO DEL 9 DE OCTUBRE, 1995, DE JALISCO-COLIMA ( $M_w=7.9$ )

Grupo de Sismología de México  
IGF, CENAPRED y RESCO

La zona de ruptura del sismo del 9 de Octubre en Jalisco y Colima, cubre un área de alta complejidad tectónica. En esta zona tres placas tectónicas interaccionan, las placas de Norteamericana, Cocos y Rivera. El movimiento relativo entre las placas de Cocos y Rivera no está bien definido y es causa de debate entre varios grupos de investigadores. En este trabajo se estudió la distribución y mecanismos de las réplicas del sismo de Jalisco-Colima con dos objetivos en mente. El primero, para determinar el área de ruptura del sismo principal y el segundo, con la esperanza de detectar actividad tectónica inducida entre las placas de Cocos y Rivera para dilucidar el movimiento relativo entre estas dos placas.

Para estudiar las réplicas se instaló una red portátil de instrumentos digitales y analógicos en las costas de Jalisco y



Colima dos días después del sismo y se mantuvo en funcionamiento por 10 días. Las lecturas de P y S de esta red se sumaron a las lecturas de la Red Sísmica de Colima (RESCO). Se localizaron 350 sismos con residuales menores a 0.5 segundos, de los cuales 250 fueron utilizados en una inversión unidimensional de la estructura. En este trabajo se presentan los sismos relocalizados con esta nueva estructura. Las réplicas cubren un área de 180 km de largo por 80 km de ancho, y se concentran primordialmente sobre una línea al Oeste de Cihuatlán. El ancho de la actividad sísmica está limitado por la trinchera mesoamericana y la costa. Los mecanismos determinados para un conjunto seleccionado de sismos muestran soluciones de falla inversa de bajo ángulo, primordialmente, y algunos sismos de fallamiento normal. No hay muestras de activamiento tectónico en la frontera entre Cocos y Rivera.

SRM.05

### **RÉPLICAS DEL SISMO DE JALISCO-COLIMA DEL 9 DE OCTUBRE DE 1995 EN REGISTROS DE LA RED RESJAL**

Rosalía García-Arthur<sup>1</sup>, F. Alejandro Nava<sup>1</sup>, Carlos Suárez P.<sup>2</sup>, Bertha Márquez A.<sup>2</sup>, Gustavo Saavedra C.<sup>2</sup>, Miguel Farfán<sup>1</sup>, Francisco Núñez-Cornú<sup>2</sup> y Roberto Toscano<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup>Depto. Sismología, CICESE, AP. 2732, Ensenada, B.C. 22800, México.

<sup>2</sup>Depto. Geografía, Universidad de Guadalajara, Ave. Maestros y Mariano Bárcena, P.A., Guadalajara, Jal. 44260, México.

Sismógrafos digitales de tres componentes de periodo corto con intervalo de muestreo de 0.08s, y sismómetros analógicos de papel ahumado con una componente de periodo corto, de la Red Sísmica de Jalisco (RESJAL) operaron en el área epicentral durante 2 semanas después del sismo de Jalisco-Colima del 9 de octubre de 1995 (M=7.6). Los registros obtenidos permiten determinar algunas características espaciotemporales y espectrales de las réplicas, como localización, magnitud, complejidad, contenido espectral, caída de esfuerzo, etc., las cuales contribuyen datos relevantes al problema, aun no bien entendido, de la generación de réplicas.

SRM.06

### **ESTUDIO DE LA FUENTE SÍSMICA DEL TEMBLOR DEL 14 DE SEPTIEMBRE DE 1995, CERCA DE COPALA, GRO., MEDIANTE DATOS LOCALES, REGIONALES Y TELESÍSMICOS**

M.A. Santoyo, F. Courboux, J.F. Pacheco y S.K. Singh  
Instituto de Geofísica, UNAM, CU., Coyoacán, México, D.F.

En este trabajo se analizan las características de la fuente sísmica del temblor del 14 de septiembre de 1995, en la costa sur de Guerrero, mediante el uso de sismogramas locales, regionales y telesísmicos. En el análisis de registros regionales y telesísmicos se emplea un método basado en el concepto de función de Green empírica (FGE), en donde los registros de una réplica escogida adecuadamente, se toman como FGEs y se usan para deconvolver los registros del evento principal, obteniendo así en cada estación, la función temporal de la fuente aparente en el campo lejano (FTFA).

Para datos telesísmicos, la deconvolución se realiza en el dominio de la frecuencia utilizando solamente ondas superficiales, obteniendo un total de 37 FTFA en 29 estaciones. En el análisis de los datos regionales, se usan como FGEs los registros de dos réplicas, en 5 estaciones de banda ancha. En este caso, la deconvolución es realizada en el dominio del tiempo mediante un método no lineal con restricción de positividad en la solución.

Por otra parte, usando los registros de dos de las estaciones acelerográficas más cercanas al epicentro, se invierten las trazas de velocidad y desplazamiento del evento principal, con el fin de obtener la distribución de dislocaciones sobre el plano de falla. La inversión es realizada mediante una técnica de inversión lineal con mínimos cuadrados no negativos, imponiendo adicionalmente la restricción de suavizamiento espacial en la solución. Mediante un análisis de ventanas de tiempo, se obtiene una estimación independiente de la función de tiempo de la fuente, y un esquema detallado de la directividad de la ruptura.

Los resultados se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Las directividades obtenidas usando registros regionales y telesísmicos son muy similares entre sí (regional=165N, telesísmico=160N), y también son congruentes con la obtenida por medio de la inversión de velocidades y desplazamientos registrados cerca de la fuente.

2. La duración de las funciones de tiempo de la fuente obtenidas con los tres diferentes juegos de datos no muestran diferencias significativas, y dan una duración promedio de 13 segundos. Los resultados obtenidos de datos regionales y de movimientos fuertes, muestran dos episodios principales de liberación de energía en la función temporal de la fuente.

3. Los resultados de la inversión de datos de movimientos fuertes, muestran un patrón de dislocaciones complejo con 3 asperezas principales. El promedio de dislocaciones sobre el plano de falla es de 1.5 m con un máximo de 4.3 m, y una caída de esfuerzos estática aproximada de 30 bares.

4. Al parecer, muy pocas réplicas ocurrieron dentro de la zona de máxima dislocación del evento principal.

SRM.07

### **ESTUDIO DE LA FUENTE DEL SISMO DEL 21 DE OCTUBRE DE 1995 QUE OCURRIÓ EN EL ESTADO DE CHIAPAS**

Cecilio J Rebollar<sup>1</sup> y Luis Quintanar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada, AP. 2732, Ensenada, B.C., 22830, México

<sup>2</sup> Instituto de Geofísica, UNAM, México, D.F.

A partir de enero de 1994 se inició la instalación de una red portátil de estaciones analógicas y digitales en Chiapas a fin de estudiar la sismicidad de fondo en la corteza y zona de subducción de Chiapas. Esta red registró un sismo el 21 de octubre de 1995 de magnitud Mw=7.3 localizado en 16.84°N y 93.46°W a una profundidad de 160 km de acuerdo al NEIC quick epicenter determination. Este sismo fue relocalizado utilizando estaciones de la red local, del servicio sismológico nacional y de Centro América. El epicentro se localizó en 16.79°N y 93.64°W a una profundidad



de 165 km con errores del orden de  $\pm 25$  Km. Este sismo no tuvo réplicas. Este temblor fue registrado en siete acelerógrafos, tres del CICESE, tres de la CFE y uno de la UNACH. Las máximas aceleraciones registradas están en el rango de 30 a 436 gales. Este es el primer sismo profundo de que se tiene evidencia que registra aceleraciones grandes en México. Estos registros nos permitieron calcular un momento sísmico de  $2.56 \pm 0.71 \times 10^{26}$  dinas-cm equivalente a una magnitud  $M_w=6.9$ . El espectro corregido de desplazamiento a distancias telesísmicas tampoco permite recuperar el valor de  $M_0$  obtenido mediante el cálculo del centroide de tensor de momento sísmico. Sin embargo, dicho espectro muestra una frecuencia de esquina de 0.08 Hz (12 s), que corresponde a una longitud de ruptura del orden de 36 km. Este valor es congruente con un  $M_0$  de  $\sim 10^{27}$  dinas-cm según la ley de escalamiento sísmico. En este trabajo se analiza la fuente sísmica de dicho sismo tanto a distancias locales como a distancias telesísmicas.

SRM.08

### EL TEMBLOR DE LA UNIÓN, GUERRERO, MÉXICO DEL 10 DE DICIEMBRE DE 1994: FALLA NORMAL O INVERSA?

J. Yamamoto, L. Quintanar, Z. Jiménez y L. Tern  
Instituto de Geofísica, UNAM. CU., Coyoacán, México, D.F.  
04511

El foco del temblor del 10 de diciembre de 1994 (16:17:39.6 UT) fue localizado a los  $17^{\circ}59'$  N y  $101^{\circ}30'$  W a una profundidad de 51 km, aproximadamente 20 km al E de la población de La Unión, Guerrero. Este evento es el mayor ( $M_s 6.2$ ) ocurrido en esa zona durante 1994 y 1995 y fue sentido ampliamente en centro y sur de México con daños menores en Zihuatanejo, ciudad localizada a 45 km al sur del epicentro, y el Distrito Federal. La zona epicentral coincide con la frontera sur del área de fractura asociada al temblor del 19 de septiembre de 1985. Debido a que este temblor ocurrió dentro de una zona donde varias instituciones mantienen redes permanentes de sismógrafos y acelerógrafos fue posible localizar la posición del foco con mucha precisión. La solución del mecanismo de falla basada en las polaridades de los primeros arribos de la onda P a distancias regionales y telesísmicas, indican que el temblor fue causado por un fallamiento de tipo inverso a lo largo de dos posibles planos con rumbo similar al de la Trincherá: Uno de bajo ángulo ( $8^{\circ}$  al SW) y otro casi vertical ( $82^{\circ}$  al NE). El primero es preferido, toda vez que es congruente con los resultados publicados recientemente en el sentido de que en esta región, la placa que subduce está contorsionada y sigue una trayectoria casi horizontal. Esta opción sin embargo, conlleva una serie de problemas adicionales que harán de este evento un caso atípico en zona de subducción. Adicionalmente, Harvard en base a la inversión del Tensor de Momento Sísmico propone un fallamiento de tipo normal. En el presente trabajo se hace una discusión detenida de ambas posibilidades.

SRM.09

### LOS SISMOS DEL 3 Y 5 DE JUNIO DE 1996 EN BELLAVISTA, QUERÉTARO, MÉXICO

J. Lermo, M. Rodríguez, J. Cuenca y J. Nieto-Obregón  
Depto. Ingeniería Sismológica, Instituto de Ingeniería, UNAM,  
AP. 70-472, CP. 04510, D.F. México

En este estudio se consignan los resultados de la experiencia sismológica realizada durante 15 días en la región del nuevo pueblo de Bellavista, Qro. Se instalaron diez sismógrafos autónomos, con el objeto de monitorear las réplicas de dos sismos de magnitud  $M_c=4.2$  y  $4.3$ , localizados a 14 km hacia el oeste de la central hidroeléctrica de Zimapán. Los dos eventos fueron sentidos en la Ciudad de Cadereyta Qro., con intensidad de V grados en la escala modificada de Mercalli, mientras que en las poblaciones de Bellavista y Carricillo la intensidad fue de VII grados.

Durante 12 días registramos 165 sismos con magnitudes  $M_c < 3$ . La distribución espacial de los epicentros sugiere un alineamiento EW similar a las fallas activas del semigraben de Aljibes propuesto recientemente (Suter et al., 1995). También notamos que las profundidades son someras, en su mayoría menores de 5 km. Los mecanismos focales obtenidos sugieren fallamiento normal, con dirección NS del eje T. Probablemente la actividad sísmica está relacionada a las fallas normales septentrionales que conforman la estructura del semi-graben de Aljibes.



TMC.01

# **GEOLOGIC EVOLUTION OF MARÍA MADRE ISLAND: CONSTRAINTS FOR THE CALIFORNIA GULF OPENING AND EVIDENCE OF RECENT UPLIFT.**

H. Delgado<sup>1</sup>, O. Pardo-Cerón<sup>2</sup>, J. Nieto-Obregón<sup>2</sup>, F.W. McDowell<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM., Circuito Exterior, CU. Coyoacán 04510, México D.F.

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, UNAM., Circuito Escolar, CU. Coyoacán 04510, México D.F.

<sup>3</sup> Department of Geological Sciences, The University of Texas at Austin, Austin, Texas 78712.

The Archipelago of Tres Marias Islands (TMI) is located at the mouth of the Gulf of California, about 90 km offshore of Nayarit state in western México. The archipelago is at the edge of the continental shelf just 30 km from the northernmost part of the Middle America Trench axis. Geological mapping and stratigraphic reconnaissance of María Madre Island (MMI) documents pre-Late Cretaceous andesites and felsic ignimbritic rocks, intruded by Late Cretaceous batholithic rocks. The batholith displays strong shearing with the major fault features that roughly follow the western shoreline of the MMI. Four biotite K-Ar ages from the batholith are 68-75 Ma. These ages are similar to those of granitoids from Puerto Vallarta providing constraints on the crustal configuration prior to the opening of the Gulf of California. Above a significant unconformity occurs a sequence of Oligocene-Miocene felsic volcanic rocks (Carreño, 1985), consisting of air-fall and ash-flow tuffs, and rhyolites deposited in both subaerial and subaqueous conditions. Overlying these is a sequence of clastic sedimentary rocks intercalated with ash layers and bentonitic horizons. This sequence was deposited at depths between 500 and 1,500 m (McCloy et al., 1988). It is overlain by a calcareous sequence, and finally by semi and unconsolidated gravels deposited on marine terraces and in alluvial channels. Abruptly changing conditions of sedimentation are a reflection of strong vertical and rotational tectonic movements during the Late Tertiary with NE-SW and E-W structural trends. The MMI has been uplifted strongly since the Late Pliocene. Uplift rate between 1 and 3 mm/yr has occurred during the last tens of thousands of years, according to radiocarbon data.

TMC.02

# **ALTERNATIVE INTERPRETATION FOR THE RIVERA FRACTURE ZONE**

Francois Michaud<sup>1</sup>, Jean-Yves Royer<sup>1</sup>, Jacques Bourgois<sup>2</sup> and Bernard Mercier de Lepinay<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université Pierre et Marie Curie and Centre National de la Recherche Scientifique, Geosciences Azur, B.P. 48, 06230, Villefranche sur mer, France

<sup>2</sup> Centre National de la Recherche Scientifique and Université Pierre et Marie Curie, Lab. de Géodynamique, Tectonique et Environnement, Boite 119, Tour 26, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France

<sup>3</sup> Centre National de la Recherche Scientifique and Geosciences Azur, Sophia Antipolis, 250 rue Albert Einstein, 06560 Valbonne, France

Available conventional and swath-bathymetric data combined with earthquake slip vectors suggest the existence of three discrete linear segments along the Rivera fracture zone. Comparisons of these segments with small circles about various present-day Euler poles show that the Rivera fracture zone is not a transform fault, as it is currently accepted, but rather an accommodation zone between two different spreading systems. We suggest that the Pacific-Rivera rise and the Western segment of the Rivera fracture zone (trending N54°W), are parts of the Pacific-North America plate boundary. The Central segment (trending N72°W) and the Eastern segment (trending N85°W) belong to a diffuse boundary connecting the Pacific-North America plate boundary to the East Pacific rise system.

TMC.03

# **IMPLICACIONES OF THE OCTOBER 1995 COLIMA-JALISCO MEXICO EARTHQUAKES ON THE RIVERA-NORTH AMERICA EULER VECTOR**

W. Bandy<sup>1</sup>, V. Kostoglodov<sup>1</sup>, S.K. Singh<sup>1</sup>, J. Pacheco<sup>1</sup>, J. Urrutia-Fucugauchi<sup>1</sup> and M. Pardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, CU., Coyoacán, CP. 04500, México, D.F.

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

<sup>2</sup> Dept. de Geofísica, Universidad de Chile, Santiago de Chile

Previously proposed Rivera-North America Euler vectors fail into three distinct groups: namely, those that predict a relatively slow, more easterly directed relative motion, those that predict a relatively slow, more northerly directed relative motion, and those that predict a significantly faster, more northerly directed relative motion. The focal mechanism solution rupture area and seismic moment of the great (M=8.0) earthquake which occurred on October 9, 1995 off the coasts of Colima and Jalisco Mexico, along with its associated foreshock and aftershocks, imposed additional constraints on the Rivera-North America Euler vector. Of the previously proposed Rivera-North America Euler vector, the slip direction (N30°E) calculated from the Harvard centroid moment tensor solution of the main event clearly favors those Euler vector which predict a more northerly direction of motion. This slip direction lies within 5° of those predicted by these vectors, whereas, it differs by between 9° and 18° from those vectors which predict a more easterly orientation. Further, if one assumes that the timespan between the 1995 event and the June 18, 1932 Jalisco event represents the recurrence time for large thrust events along the Rivera-North American subduction zone, then the seismic moment and rupture area of the 1995 event indicates a minimum convergence rate of between 4.3 and 6.5 cm/yr. This slip rate, in conjunction with the slip direction of the October 9 event, favors the Euler vectors which predict both a more northerly direction of Rivera-North America relative motion as well as higher rates of motion. However, due to the uncertainty in estimating the recurrence time, the possibility of a more northerly directed but slow rate of Rivera-North American Euler vector, calculated motion cannot be definitely ruled out. A new Rivera-North American Euler vector, lies at 21.87°N, 109.55°W. This vector predicts a N30°E direction of Rivera-Pacific relative motion at the location of the main event; a direction which differs by only 0.5° from the slip direction of the main event.



TMC.04

### IMÁGENES CORTICALES DE LA ZONA DE SUBDUCCIÓN DE CHILE ENTRE 32° Y 34° S.

N. Vidal<sup>1,3</sup>, J.J. Dañoibeitia<sup>1</sup>, D. Córdoba<sup>2</sup>, V. Sallarés<sup>1</sup>, J. Díaz<sup>1</sup>, E. Flueh, J. Mezcuá<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Depto. Geofísica, Instituto de Ciencias de la Tierra-CSIC, Barcelona, España

<sup>2</sup> Depto. Geofísica, Universidad Complutense de Madrid, España

<sup>3</sup> GEOMAR, Kiel, F.R.G.

<sup>4</sup> Instituto Geográfico Nacional, Madrid 28003, España

Durante el verano de 1995 una expedición conjunta Hispano-Alemana-Chilena (Proyecto CONDOR) realizó una campaña de sismica refracción-reflexión de gran ángulo en la Fosa Chilena y Cuenca de Valparaíso, entre 32° y 34° S. El frente de ondas se generó con una ristra de cañones de aire comprimido (60 litros) desde el buque oceanográfico alemán Sonne. Los disparos fueron registrados, simultáneamente, mediante 11 OBHS y 10 estaciones sísmicas portátiles de registro digital. Se realizaron dos perfiles (marinos) de unos 150 km de longitud, transversales a la Fosa Chilena en dirección E-W, prolongados en tierra unos 100 km, hacia el interior de Chile, que proporcionan imágenes de la corteza y del manto superior de gran calidad en la zona de subducción. La extraordinaria propagación de energía permite una buena correlación de fases sísmicas a lo largo de más de 250 km de perfil, obteniéndose una distancia crítica de unos 60-70 km, sugiriendo un fuerte buzamiento del plano de subducción de la Placa de Nazca. La estructura cortical deducida de los perfiles sísmicos interpretados, muestra una variación de velocidades en corteza inferior de 6.2-7.0 km/s, en la Fosa chilena, hasta 6.8-7.1 km/s bajo el continente. La profundidad de la Moho varía desde 10 km, en la corteza oceánica, hasta más de 30 km bajo la línea de costa. El análisis preliminar de los datos sugiere un cambio brusco del ángulo de subducción bajo el continente.

TMC.05

### SÍSMICA DE GRAN ÁNGULO A TRAVÉS DE LA PENÍNSULA DE NICOYA, COSTA RICA: RESULTADOS PRELIMINARES

V. Sallarés<sup>1</sup>, J.J. Dañoibeitia<sup>1</sup>, E. Flueh<sup>2</sup>, A. Stavenhagen<sup>2</sup>, G. Leandro<sup>3</sup>, C. Redondo<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias de la Tierra-CSIC, Barcelona, España.

<sup>2</sup> GEOMAR, Kiel, Alemania.

<sup>3</sup> Instituto Costarricense de Electricidad, ICE, San José, Costa Rica.

<sup>4</sup> Universidad de Costa Rica, UCR, San José, Costa Rica.

En marzo de 1996 un equipo conjunto de instituciones españolas (Instituto de Ciencias de la Tierra, CSIC, Barcelona), costarricenses (Instituto Costarricense de Electricidad, ICE, San José), y alemanas (GEOMAR, Kiel) (proyecto COTCOR), realizó una campaña de adquisición de datos sísmicos de gran ángulo a lo largo de dos perfiles situados al norte (Marbella-Los Chiles) y al sur (Dominical-Matina) de Costa Rica, en dos zonas de subducción de la placa de Cocos con características bien diferenciadas. Las fuentes de energía utilizadas consistieron en diversas cargas explosivas localizadas a lo largo de ambos perfiles. Estas

explosiones fueron registradas en 60 estaciones sísmicas portátiles pertenecientes al GFZ (Potsdam, Alemania). Los datos adquiridos en esta campaña complementan los obtenidos en 1995 (proyecto TICOSECT), donde se registraron los disparos de aire comprimido realizados por el buque oceanográfico RV Maurice Ewing en 30 estaciones sísmicas portátiles terrestres y 30 OBS dispuestos a lo largo de los perfiles mencionados.

En este trabajo se presentan los resultados preliminares obtenidos en la modelización directa de la estructura de velocidades de las ondas sísmicas a nivel cortical, a partir de los datos registrados en las estaciones terrestres desplegadas en el perfil norte en marzo del presente año. Este perfil de 170 km transcurre desde Marbella (península de Nicoya), hasta Los Chiles (frontera con Nicaragua). A lo largo del mismo se realizó un total de ocho explosiones con cargas comprendidas entre 500 y 1200 kg, situadas en cinco localizaciones distintas. En dos fases distintas se desplegaron las 60 estaciones sísmicas, realizándose un total de cuatro explosiones en cada una. Así, se obtuvo un máximo de 120 posiciones de registro para cada explosión, resultando una cobertura uniforme de estaciones en la mayor parte del perfil. Los datos obtenidos son de una buena calidad hasta distancias superiores a los 100 km del punto de explosión. La modelización directa a partir de las diversas fases identificadas, junto con la información obtenida en la campaña anterior, permitirá deducir tanto la estructura de velocidades como la geometría de la subducción en este margen activo.

TMC.06

### ESTRUCTURA DE LA LITOSFERA EN LA REGIÓN DE OAXACA

M. Romero<sup>1</sup>, F. Núñez-Cornú<sup>2</sup> y D. Córdoba<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Depto de Geofísica, Universidad Complutense de Madrid

<sup>2</sup> CUC Vallarta & DGOT, Universidad de Guadalajara

Se propone un modelo de la litosfera para la región de Oaxaca a partir del análisis de tres perfiles de refracción sísmica, dos paralelos a la costa: Punta Maldonado-Puerto Angel (invertido), Puerto Angel-Salina Cruz (parcialmente invertido); y uno en dirección norte-sur, Puerto Angel-Teotitlán del Camino (parcialmente invertido). En ellos se analizan datos obtenidos durante los experimentos PSPM(1985-1992) y GEOLIMEX.

En el perfil Punta Maldonado-Puerto Angel se observa un levantamiento del Moho y un adelgazamiento de la corteza continental en la zona comprendida entre el Río Verde y Puerto Escondido. Para el área de Punta Maldonado-Puerto Escondido se ha obtenido una velocidad de propagación de las ondas P de 6.5 km/s para la corteza continental. Entre Puerto Escondido y Puerto Angel, la velocidad disminuye a 6.4 km/s. Los reflectores correspondientes a la placa subducente no son continuos y muestran características diferentes para los perfiles directo e inverso.

En el perfil Puerto Angel-Salina Cruz, la corteza continental es más homogénea que en el perfil anterior y presenta dos capas principales con velocidades de 5.7 y 6.1 km/s y un grosor total de 18 km. Se observan correlaciones, interpretadas como reflexiones en la placa oceánica, que sugieren un buzamiento en dirección a Salina Cruz, con un ángulo aproximado de 10°.



A lo largo del perfil Puerto Angel-Teotitlán del Camino se observan variaciones laterales para la estructura de la corteza continental. Se ha encontrado un cuerpo de alta velocidad (7.0 km/s) entre las fallas de Chacalapa y Juchatengo, a unos 15 km de profundidad, que parece estar limitado, en su parte inferior, por la base de la placa continental en esta zona. A partir del conjunto de datos analizado se ha encontrado un espesor de la corteza continental de 24 Km en la costa, el cual aumenta hasta alcanzar 40 km en la zona de Ejutla, con una velocidad de 6.8 km/s en su parte inferior. Bajo el Moho se ha encontrado una velocidad de 7.5 km/s. En este perfil, también se han correlacionado ondas reflejadas en la placa oceánica subducente, indicando un buzamiento aproximado de 14°.

TMC.07

### SEAWARD SLOPE FAULTS IN THE OCEANIC PLATE ALONG THE ALEUTIAN AND MID-AMERICA TRENCHES

Carlos A. Mortera-Gutiérrez

Instituto de Geofísica, Depto. de Sismología y Vulcanología,  
UNAM, CU, 04510, D.F., México

The largest earthquakes in the Earth occur along the subduction zones. Ninety percentage of these earthquakes occur landward of the trenches, but few large earthquakes have occurred in the seaward trench side. The sources of these earthquakes in the oceanic plate are the breakup of rock layers due to the downward bending, resulting normal faults near the trenches. Hereafter faults in the seaward trench slope are termed seaward faults. Conventional wisdom is that the orientations of seaward faults are controlled largely by plate bending stresses and should strike parallel to the trench. However in some trenches the orientations of seaward faults are deflected from the expected trench-parallel trends. The orientations of pre-existing seafloor faults trending non-parallel to the trench could control the strikes of seaward faults. Alternatively, gradual increase in the degree of oblique convergence could also affect the orientations of seaward faults. The implication here is that the oceanic plate becomes strongly attached (coupled) to the upper plate margin. The objectives of my research are to analyze the changes of seaward fault trends, and their relation to earthquakes and the stress field in the upper part of the oceanic lithosphere, especially in zones of oblique convergence. This research examine the seaward faults in the Pacific Plate that were imaged by the side-scan sonar along the Aleutian Trench. Numerous fault scarps on the seaward trench slope are shown in these sonar images, some as far as 200 km south of the Aleutian Trench. Detailed mapping of the sonar images shows that seaward faults deviate significantly from the expected trench-parallel faults. The regional stress field in the seaward trench slope is analytically defined in reference to the fault trends and the regional trends structures on the seafloor. This study documents for first time that the oceanic plate is deformed by the shear couple associated with oblique convergence. This research suggests that the knowledge of fault trends in the seaward trench slope is important in the assessment of seismic risk along other subduction zones. Preliminary results of mapping seaward fault patterns along the Mid-american Trench are also analyzed in relation to the bending stresses and the pre-existing seafloor spreading fabric.

TMC.08

### ACTIVE TECTONICS OF A CONVERGENT MARGIN: PACIFIC COAST, SOUTHWEST MEXICO

María Teresa Ramírez-Herrera

Department of Geography, University of Edinburgh, Drummond  
Street, Edinburgh EH8 9XP, U.K.

E-mail: mtr@geovax.ed.ac.uk

Active tectonics along the coast of the Pacific continental margin of southwest México is related to the subduction of the Cocos and Rivera plates beneath this region. Differences in the geometry of subduction and in the rate of convergence between the Cocos and Rivera plates have been reflected in differences in the rates of observed seismicity. Remote sensing analysis and field evidence show that the coastal morphology across the tectonic boundary of the Mexican convergent margin reflects regional variations in tectonic and seismic activity. In the coastal zone of southwest México four zones can be identified on the basis of distinguishing regional morphological characteristics: 1) the Jalisco zone, 2) the Colima zone, 3) the Michoacán zone, and 4) the Guerrero zone. A range of geomorphological evidence, including marine terraces, elevated wave-cut platforms, marine notches and river terraces, indicates uplift along the coasts of the Jalisco, Michoacán and Guerrero zones. Variations in the coastal morphology between the Jalisco, Colima and Michoacán zones accord with changes in the style of subduction of the Rivera and Cocos plates.

TMC.09

### ZONA 8 DE OAXACA: UN MARGEN CONTINENTAL COMPLEJO

Francisco. J. Núñez-Cornú

CUC. Vallarta & DGOT, Universidad de Guadalajara

La costa de Oaxaca es un margen continental activo que ha presentado en este siglo una gran actividad sísmica. Esta actividad se asocia al proceso de subducción de la placa de Cocos bajo la placa de Norteamérica. Debido a la gran cantidad de estudios sismológicos que se han realizado en esta región se puede considerar como la mejor estudiada desde el punto de vista sísmico en México. Se han propuesto diferentes segmentaciones para la costa de Oaxaca, desde diferentes puntos de vista, utilizando la zonificación sismogénica propuesta por Núñez-Cornú y Ponce(1989) la costa esta dividida en dos zonas (7 y 8).

Se observa que la zona 8 es la más activa del país con 6 eventos con  $M > 7.0$  en el período comprendido entre 1928 y 1995; en esta zona la interface sismogénica entre la placa de Cocos y la Norteamérica tiene una longitud mayor a 100 km. En 1787 ocurre en esta zona el terremoto más grande reportado en la historia de México, el Terremoto de San Sixto, posteriormente se presenta un período de quietud sísmica hasta el año de 1928 en que se vuelve a reactivar la zona.

El análisis de estos datos sugiere que existe un doble frente de ruptura y la existencia de, al menos, 7 asperezas o unidades sismogénicas en esta zona. Por otra parte, la actividad sísmica parece haberse presentado en ciclos diferentes, por lo que es muy difícil identificar temblores característicos o hablar de tiempos de recurrencia de un punto de vista objetivo.



TMC.10

### MODELIZACIÓN GRAVIMÉTRICA 2D DE LA ESTRUCTURA LITOSFÉRICA DE TRES TRANSECTAS PERPENDICULARES AL MARGEN CHILENO AL NORTE ( 23°S) Y SUR ( 56°S) DEL PUNTO TRIPLE CHILENO

E. Rubio<sup>1</sup>, M. Torné<sup>1</sup>, R. Carbonell<sup>1</sup> y E. Vera<sup>2</sup><sup>1</sup> Instituto de Ciencias de la Tierra, J. Almera-CSIC. Solé i Sabarís, s/n. 08028 Barcelona, España<sup>2</sup> Universidad the Chile. Depto. de Geofísica. Blanco Encalada 2085, casilla 2777. Santiago de Chile, Chile

El procesamiento de datos de sismica de reflexión multicanal y la modelización de la anomalía gravimétrica de Aire Libre para tres transectas perpendiculares al margen chileno, dos localizadas en la zona norte (22°-24°S) siguiendo los perfiles de sismica de reflexión S104-5 y S104-9, adquiridos en verano de 1995 en el proyecto CINCA-95, y otra transecta localizada en la zona sur (54°-57°S) enmarcada dentro del programa ALAMED-CT94-0112 financiado por la Unión Europea, muestra importantes diferencias entre la zona norte, donde la placa de Nazca subduce bajo la placa Sudamericana, y la zona sur, donde es la placa Antártica la que subduce bajo la placa de Escocia. Estos resultados muestran dos estilos de subducción claramente diferenciados. Por un lado la diferente morfología de la fosa, con paredes más abruptas y prácticamente ausencia de sedimentos en las transectas del norte, mientras que en la zona sur se observa un complejo de acreción bien desarrollado. En este sentido destaca la presencia de un cuerpo de baja densidad asociado a la terraza del Fuego. Por otro lado, el ángulo de subducción es claramente distinto, ya que en el norte se alcanzan valores entorno a los 20° mientras que en el sur la lámina subduce según un ángulo de unos 8°. Estas diferencias se atribuyen a factores tales como la velocidad de convergencia, la edad de la litósfera, la oblicuidad y el grado de erosión y aporte sedimentario, que en definitiva representan dos contextos geodinámicos distintos.

TMC.11

### ESTIMACIÓN SISMOTECTÓNICA DE LA EDAD DE LA LITOSFERA EN LA CUENCA DE GUATEMALA

M. Guzmán-Speziale, V. Kostoglodov y W.L. Bandy  
Instituto de Geofísica, UNAM

Investigamos la edad de la placa de Cocos en la cuenca de Guatemala ya que existen dificultades para la identificación de las anomalías magnéticas lineales en la parte este de la cuenca que corresponde a la antigua placa de Guadalupe.

Aplicamos el método sismotectónico de la estimación de la edad de la litósfera oceánica a lo largo de la trinchera usando los datos de la máxima profundidad de la sismicidad en la zona de Wadati-Benioff. El método contempla la estimación de la edad a partir de la relación:

$$Dm = f(V A \text{ sen } a)$$

donde A es la edad de la placa, V la velocidad de convergencia, a el ángulo de subducción y Dm la máxima profundidad sísmica. La función f ha sido recientemente estimada en forma empírica, a partir

de un análisis de las zonas de Wadati-Benioff en todo el mundo. La velocidad de convergencia se obtuvo del modelo NUVEL1. Los demás parámetros (promedio) se obtuvieron de siete secciones sísmicas de unos 100 km de ancho, perpendiculares a la trinchera mesoamericana, usando datos del International Seismological Centre para sismos de magnitud mb>4.8. La máxima profundidad sísmica varía de 160 km en el NW a 230 km en el SE, mientras que el ángulo de subducción va de 30° a 50°, también de NW a SE.

El valor de A obtenido con estos parámetros es de 28 Ma, con poca variación a lo largo de la trinchera. Este valor concuerda con las estimaciones de la edad obtenidas usando la relación entre la profundidad del fondo oceánico y la edad de la litósfera (relación de Slater). La edad obtenida a lo largo de la trinchera podrá ser utilizada como referencia para fijar la escala de tiempo en los perfiles magnéticos que hemos identificado de los datos del National Geophysical Data Center. Los resultados preliminares muestran una buena correlación entre la secuencia de anomalías magnéticas y nuestra estimación de la edad.



# ÍNDICE DE AUTORES

| Autores                      | No. Trab. | Pág. | Autores                     | No. Trab. | Pág. |
|------------------------------|-----------|------|-----------------------------|-----------|------|
| Ángel F. Nieto Samaniego     | GEOL.02   | 195  | Beatriz Ortega Guerrero     | PT.03     | 208  |
| Ángel F. Nieto Samaniego     | GEOL.03   | 195  | Belmonte Jiménez S.         | GE.15     | 189  |
| Ángel F. Nieto Samaniego     | GEOL.06   | 197  | Benjamin Martínez López     | MNO.04    | 242  |
| Ángel F. Nieto Samaniego     | GEOL.04   | 196  | Bernard Henry               | PT.01     | 208  |
| Ángel R. Jiménez Illescas    | CM.06     | 181  | Bernard Mercier de Lepinay  | TMC.02    | 260  |
| Ángel R. Meulenert Peña      | CA.19     | 176  | Bernardo Shirasago Germán   | CM.06     | 181  |
| Ángel R. Meulenert Peña      | CA.25     | 177  | Bernardo Shirasago Germán   | CM.03     | 180  |
| A. Cortés                    | GE.07     | 186  | Berta Oda Noda              | LSM.02    | 240  |
| A. García                    | GEOH.15   | 194  | Bertha Márquez A.           | VUL.15    | 225  |
| A. Gorbátov                  | SL.27     | 218  | Bertha Márquez A.           | SRM.05    | 258  |
| A. Lara                      | FE.03     | 183  | Blanca Mendoza              | CA.01     | 171  |
| A. Mousatov                  | GEOH.03   | 190  | C. Barrera Ortíz            | GEOH.08   | 192  |
| A. Mousatov                  | PIG.01    | 248  | C. Redondo                  | TMC.05    | 261  |
| A. Ramírez                   | SL.02     | 210  | C.A. Ramírez Vázquez        | VUL.10    | 223  |
| A. Shmakín                   | CA.10     | 173  | Campos Enriquez Oscar       | GE.06     | 186  |
| A. Stavenhagen               | TMC.05    | 261  | Capra L.C.                  | VUL.05    | 221  |
| A. Tejeda                    | CA.11     | 173  | Carelia Rodríguez Pérez     | MNO.02    | 242  |
| A. Trasviña                  | CM.08     | 182  | Carlos A. Mortera Gutiérrez | TMC.07    | 262  |
| A. Zelenko                   | CA.07     | 172  | Carlos Fuentes V.           | SL.13     | 213  |
| A.M. Soler Arachalde         | ETM.06    | 236  | Carlos Garza González Vélez | GEOL.17   | 201  |
| Abelardo Escamilla Hernández | GEOT.05   | 238  | Carlos González             | GE.03     | 185  |
| Adán Mejía Trejo             | MNO.02    | 242  | Carlos Gutiérrez Ojeda      | GEOH.02   | 190  |
| Adolfo Huidobro G.           | VUL.11    | 223  | Carlos Sánchez              | SOD.02    | 254  |
| Adolfo Molina                | PP.08     | 247  | Carlos Sánchez              | SOD.03    | 254  |
| Alatorre Zamora Miguel Angel | GE.06     | 186  | Carlos Suárez Plascencia    | C96.02    | 226  |
| Alberto Amador               | DMM.03    | 230  | Carlos Suárez Plascencia    | VUL.15    | 225  |
| Alberto Amador Buenrostro    | CM.06     | 181  | Carlos Suárez Plascencia    | SRM.05    | 258  |
| Alcalá Herrera J.A.          | PP.02     | 245  | Carlos Suárez Plascencia    | VUL.14    | 224  |
| Alejandro Hinojosa Corona    | GEOH.08   | 192  | Carolina Morales            | DMM.03    | 230  |
| Alejandro Hinojosa Corona    | GE.16     | 189  | Carrasco Núñez G.           | VUL.08    | 222  |
| Alejandro Hurtado            | SL.06     | 211  | Carrillo M.M.               | SL.26     | 218  |
| Alejandro Hurtado            | SL.07     | 211  | Castro Leyva Teresa         | GE.12     | 188  |
| Alejandro Martínez Zatarain  | CA.08     | 172  | Cecilio J. Rebollar         | SRM.07    | 258  |
| Alejandro Martínez Zatarain  | CA.27     | 178  | Chapa Guerrero J.R.         | GE.09     | 187  |
| Alexander Gusev              | SL.15     | 214  | Chapa Guerrero J.R.         | GEOL.05   | 197  |
| Alfonso Reyes                | SL.19     | 215  | Charles Ammon               | SRM.03    | 257  |
| Alfonso Reyes                | SL.20     | 215  | CICESE, Ensenada            | C96.01    | 226  |
| Alfonso Salas Cruz           | CA.28     | 178  | Cifuentes G.                | PT.04     | 209  |
| Alfredo Sánchez Monclú       | GE.02     | 185  | Citlalli Sarmiento López    | GEOH.11   | 193  |
| Alma D. Giles Guzmán         | CM.02     | 180  | Claudia J. Lewis            | GEOL.12   | 199  |
| Anatoliy E. Filonov          | DMM.06    | 231  | Correa Mora Francisco       | GEOQ.03   | 203  |
| Andrade E.                   | GEOQ.08   | 205  | Cosme Pola Simuta           | GEOH.06   | 191  |
| Antonio Badan                | LSM.04    | 240  | Cosme Pola Simuta           | GEOH.03   | 190  |
| Antonio Vidal                | SL.05     | 211  | Cristina Sánchez            | PP.08     | 247  |
| Apolonio Gallegos Cruz       | FE.01     | 183  | CSIC, Barcelona             | C96.01    | 226  |
| Apolonio Gallegos Cruz       | FE.02     | 183  | Cuauhtémoc Turrent T.       | DMM.05    | 231  |
| Apolonio Gallegos Cruz       | FE.05     | 184  | D. Hatzfeld                 | SL.14     | 213  |
| Arce J.L.                    | VUL.04    | 221  | D. Kiktev                   | CA.07     | 172  |
| Arciniega Ceballos A.        | VUL.12    | 223  | D. Pedreira                 | C96.06    | 227  |
| Armando G. Canales           | GEOH.04   | 190  | D. Santamaría               | SL.25     | 217  |
| Armando Trasviña Castro      | CM.07     | 181  | Dante Morán Zenteno         | GEOQ.04   | 203  |
| Armando Trasviña Castro      | DMM.08    | 232  | David Escobedo              | SRM.01    | 257  |
| Arturo Castro                | GEOH.10   | 193  | Diego Córdoba               | C96.02    | 226  |
| Arturo Diego Orozco          | PT.01     | 208  | Diego Córdoba               | C96.04    | 227  |
| Arturo Martín Barajas        | GEOL.10   | 198  | Diego Córdoba               | C96.05    | 227  |
| Arturo Martín Barajas        | GEOL.11   | 199  | Diego Córdoba               | C96.06    | 227  |
| Arturo Martín Barajas        | GEOQ.07   | 205  | Diego Córdoba               | C96.07    | 228  |
| Arturo Martín Barajas        | GEOQ.08   | 205  | Diego Córdoba               | PIG.02    | 248  |
| Arturo Quintanar             | CA.14     | 174  | Diego Córdoba               | TMC.04    | 261  |
| Auxilio Ezparza              | PP.08     | 247  | Diego Córdoba               | TMC.06    | 261  |
| B. Lynn Ingram               | PP.07     | 247  | Diego Córdoba               | C96.03    | 227  |
| B. Márquez Azúa              | C96.05    | 227  | Dirk Grawunder              | PIG.10    | 250  |
| B. Mendoza                   | FE.04     | 183  | Dirk Masuch Oesterreich     | GEOH.07   | 192  |
| Beatriz Elena Palma Grayeb   | CA.21     | 176  | Dolores Ibáñez Garduño      | GE.14     | 188  |



| Autores                  | No. Trab. | Pág. | Autores                           | No. Trab. | Pág. |
|--------------------------|-----------|------|-----------------------------------|-----------|------|
| Domitilo Pereyra Díaz    | CA.21     | 176  | Felipe de J. Escalona Alcázar     | GEOL.09   | 198  |
| Domitilo Pereyra Díaz    | CA.23     | 177  | Felipe Plaza                      | DMM.03    | 230  |
| E. Astakhova             | CA.12     | 174  | Fernando Rosique Naranjo          | GEOL.17   | 201  |
| E. Cañón Tapia           | VUL.16    | 225  | Fidel Cedillo Rodríguez           | GEOT.01   | 237  |
| E. Flueh                 | TMC.04    | 261  | Flor Morales Reyes                | CA.13     | 174  |
| E. Flueh                 | TMC.05    | 261  | Francisco J. Chávez García        | SL.15     | 214  |
| E. Gamiz Ramírez         | GEOQ.09   | 206  | Francisco J. Chávez García        | SL.21     | 216  |
| E. Hernández Quintero    | GEOH.12   | 193  | Francisco J. Esparza Hernández    | PIG.15    | 252  |
| E. Hernández Quintero    | GEOQ.02   | 203  | Francisco J. Esparza Hernández    | PIG.16    | 252  |
| E. Herrero Bervera       | VUL.16    | 225  | Francisco J. Esparza Hernández    | PIG.17    | 252  |
| E. Jauregui              | CA.11     | 173  | Francisco J. Esparza Hernández    | PIG.19    | 253  |
| E. Kruglova              | CA.07     | 172  | Francisco J. Esparza Hernández    | PIG.20    | 253  |
| E. Lomas                 | SL.25     | 217  | Francisco J. Esparza Hernández    | PIG.14    | 252  |
| E. Luncheva              | VUL.03    | 220  | Francisco J. Ocampo Torres        | SOD.07    | 256  |
| E. Rubio                 | TMC.10    | 263  | Francisco J. Ocampo Torres        | SOD.06    | 255  |
| E. Vera                  | TMC.10    | 263  | Francisco Javier Villicaña Cruz   | CA.05     | 171  |
| E.D. Barton              | CM.08     | 182  | Francisco Medina Barrera          | GEOH.07   | 192  |
| E.E. Villanueva          | MNO.09    | 243  | Francisco Núñez Cornú             | C96.05    | 227  |
| E.H. Field               | SL.14     | 213  | Francisco Núñez Cornú             | C96.06    | 227  |
| E.L. Flores Márquez      | GEOH.10   | 193  | Francisco Núñez Cornú             | TMC.06    | 261  |
| Edgar G. Pavia           | CA.30     | 179  | Francisco Núñez Cornú             | C96.03    | 227  |
| Edgar G. Pavia           | LSM.04    | 240  | Francisco Núñez Cornú             | GEOQ.11   | 206  |
| Edgar Herrera            | LSM.06    | 241  | Francisco Núñez Cornú             | VUL.15    | 225  |
| Eduardo González         | GEOL.17   | 201  | Francisco Núñez Cornú             | SRM.05    | 258  |
| Eduardo González         | GEOT.02   | 237  | Francisco Núñez Cornú             | TMC.09    | 262  |
| Elías Herrera Mariano    | ETM.01    | 234  | François Michaud                  | C96.02    | 226  |
| Elena Lounejeva          | GEOQ.10   | 206  | François Michaud                  | ETM.04    | 235  |
| Elizabeth A. Nagy        | GEOL.12   | 199  | François Michaud                  | TMC.02    | 260  |
| Elizabeth Hernández      | GEOQ.10   | 206  | Francoise Courboux                | SL.16     | 214  |
| Emilio Nava              | SL.08     | 212  | Francoise Courboux                | SRM.06    | 258  |
| Enrique Azpra Romero     | CA.03     | 171  | Francoise Courboux                | SRM.03    | 257  |
| Enrique Buendía          | LSM.01    | 240  | G. Díaz de Cossio                 | SL.19     | 215  |
| Enrique Cabral Cano      | GEOQ.04   | 203  | G. Leandro                        | TMC.05    | 261  |
| Enrique Gómez Treviño    | PIG.06    | 249  | G. Piña Villalpando               | GEOQ.09   | 206  |
| Enrique Gómez Treviño    | PIG.11    | 251  | G. Quiros                         | CM.08     | 182  |
| Enrique Gómez Treviño    | PIG.12    | 251  | G. Reyes                          | SL.02     | 210  |
| Enrique Gómez Treviño    | PIG.14    | 252  | G. Ronquillo                      | GE.04     | 185  |
| Enrique Gómez Treviño    | PIG.17    | 252  | G.A. Reyes Davila                 | VUL.10    | 223  |
| Enrique Gómez Treviño    | PIG.18    | 253  | Gio Argáez F.R.                   | PP.02     | 245  |
| Enrique Gómez Treviño    | PIG.20    | 253  | Gabriel Origel Gutiérrez          | GEOH.13   | 194  |
| Enrique Gómez Treviño    | PIG.19    | 253  | Gabriel Rendón Márquez            | GEOQ.08   | 205  |
| Enrique Gómez Treviño    | PIG.16    | 252  | Gabriel Salinas                   | SL.07     | 211  |
| Eric Barrier             | GEOL.01   | 195  | Gabriel Valdéz Moreno             | VUL.01    | 220  |
| Espíndola J.M.           | VUL.04    | 221  | García A.                         | VUL.04    | 221  |
| Espíndola J.M.           | VUL.06    | 222  | García A.                         | VUL.07    | 222  |
| Espíndola J.M.           | VUL.07    | 222  | Genaro Montesinos Silva           | CA.18     | 175  |
| Espíndola J.M.           | VUL.05    | 221  | Gennady K. Korotaev               | CM.01     | 180  |
| Eva Glowacka             | SL.24     | 217  | Gennady K. Korotaev               | CM.04     | 181  |
| Eva Sánchez Ramírez      | GEOH.14   | 194  | Georges Govaere                   | SOD.03    | 254  |
| F. Aguilar               | SL.25     | 217  | Gerardo Hernández Del Valle       | SL.18     | 215  |
| F. Alejandro Nava        | C96.05    | 227  | Gerardo J. Aguirre Díaz           | GEOL.13   | 199  |
| F. Alejandro Nava        | C96.06    | 227  | Gerardo J. Aguirre Díaz           | GEOL.14   | 200  |
| F. Alejandro Nava        | C96.09    | 229  | Gerardo J. Aguirre Díaz           | VUL.01    | 220  |
| F. Alejandro Nava        | VUL.15    | 225  | Gerardo Ronquillo Jarillo         | GE.01     | 185  |
| F. Alejandro Nava        | SRM.05    | 258  | Gerardo Ronquillo Jarillo         | GE.11     | 187  |
| F. Alejandro Nava        | C96.02    | 226  | Gerardo Ronquillo Jarillo         | PIG.04    | 249  |
| F. Fernex                | ETM.04    | 235  | Gerardo Suárez                    | SL.06     | 211  |
| F. Goff                  | VUL.03    | 220  | Gerardo Suárez                    | SL.07     | 211  |
| F. Olguin Lojero         | GEOH.12   | 193  | Gerardo Suárez                    | SRM.01    | 257  |
| F. Ortega Gutiérrez      | GEOQ.01   | 203  | Gloria Guadalupe Martínez Camacho | GEOL.18   | 202  |
| F. Ramón Zuñiga          | SL.04     | 210  | Gloria Vaggelli                   | ETM.03    | 234  |
| F.J. Chávez              | SL.14     | 213  | González Pomposo G.J.             | VUL.12    | 223  |
| F.J. Sabina              | SL.12     | 213  | Gonzalo Alduncin                  | GEOH.10   | 193  |
| F.W. McDowell            | TMC.01    | 260  | GPL Walker                        | VUL.16    | 225  |
| Faustino Juárez S.       | GEOQ.11   | 206  | Grajales Nishimura, Manuel        | GEOQ.05   | 204  |
| Federico Graef Ziehl     | MNO.01    | 242  | Grupo de Sismología de México     | SRM.04    | 257  |
| Federico Velázquez Muñoz | CM.07     | 181  | Grupo de Trabajo CORTES-P96       | C96.09    | 229  |



| Autores                      | No. Trab. | Pág. | Autores                     | No. Trab. | Pág. |
|------------------------------|-----------|------|-----------------------------|-----------|------|
| Grupo de Trabajo CORTES-P96  | C96.02    | 226  | J. Rosas Elguera            | GEOL.16   | 201  |
| Grupo de Trabajo CORTES-P96  | C96.03    | 227  | J. Rosas Elguera            | ETM.04    | 235  |
| Grupo de Trabajo CORTES-P96  | C96.06    | 227  | J. Rosas Elguera            | ETM.07    | 236  |
| Grupo de Trabajo CORTES-P96  | C96.07    | 228  | J. Schuffert                | PP.05     | 246  |
| Grupo de Trabajo CORTES-P96  | C96.05    | 227  | J. Urrutia Fucugauchi       | GEOH.12   | 193  |
| Guillermo Labarthe Hernández | GEOL.03   | 195  | J. Urrutia Fucugauchi       | GEOQ.02   | 203  |
| Gustavo Córdoba Bojórquez    | GEOH.09   | 192  | J. Urrutia Fucugauchi       | PT.05     | 209  |
| Gustavo López Gómez          | GE.11     | 187  | J. Urrutia Fucugauchi       | ETM.06    | 236  |
| Gustavo Saavedra C.          | VUL.15    | 225  | J. Urrutia Fucugauchi       | ETM.07    | 236  |
| Gustavo Saavedra C.          | SRM.05    | 258  | J. Urrutia Fucugauchi       | TMC.03    | 260  |
| Gustavo Saavedra de la Cruz  | VUL.14    | 224  | J. Urrutia Fucugauchi       | ETM.04    | 235  |
| H. Delgado                   | VUL.13    | 224  | J. Urrutia Fucugauchi       | ETM.02    | 234  |
| H. Delgado                   | TMC.01    | 260  | J. Yamamoto                 | SRM.08    | 259  |
| H. Koshishi                  | FE.03     | 183  | J.C. Gavilanes              | GE.07     | 186  |
| H. Leticia Ramírez Zaragoza  | SOD.04    | 255  | J.C. Gavilanes              | VUL.03    | 220  |
| H.S. Cruz Galindo            | GEOH.12   | 193  | J.C.V. Traslosheros H.      | GE.03     | 185  |
| Héctor de León Gómez         | GEOH.07   | 192  | J.C.V. Traslosheros H.      | PIG.03    | 248  |
| Héctor de León Gómez         | GEOH.06   | 191  | J.F. Pacheco                | SRM.06    | 258  |
| Héctor Lira Herrera          | GEOT.05   | 238  | J.H. Flores Ruiz            | GEOH.12   | 193  |
| Héctor Magaña Fernández      | CA.25     | 177  | J.H. Flores Ruiz            | GEOQ.02   | 203  |
| Harald Böhnell               | GEOQ.06   | 204  | J.J. Dañobeitia             | C96.06    | 227  |
| Hernández E.                 | PT.04     | 209  | J.J. Dañobeitia             | C96.02    | 226  |
| Hilario García               | CA.18     | 175  | J.J. Dañobeitia             | C96.03    | 227  |
| Hubert Fabriol               | C96.02    | 226  | J.J. Dañobeitia             | C96.04    | 227  |
| Hubert Fabriol               | C96.07    | 228  | J.J. Dañobeitia             | C96.05    | 227  |
| Hubert Fabriol               | GEOT.06   | 238  | J.J. Dañobeitia             | C96.07    | 228  |
| Hubert Fabriol               | SL.09     | 212  | J.J. Dañobeitia             | PIG.02    | 248  |
| Hugo Hidalgo                 | PIG.11    | 251  | J.J. Dañobeitia             | TMC.04    | 261  |
| I. Kulakova                  | CA.07     | 172  | J.J. Dañobeitia             | TMC.05    | 261  |
| I. Oyamburu                  | C96.06    | 227  | J.J. Gallart                | C96.03    | 227  |
| Iñigo Losada                 | SOD.02    | 254  | J.J. Morales Contreras      | PIG.13    | 251  |
| Ignacio Navarro de León      | GEOH.03   | 190  | J.J. Venegas Mendoza        | VUL.13    | 224  |
| Ignacio Navarro de León      | GEOH.06   | 191  | J.M. Espinosa C             | GE.13     | 188  |
| Ignacio Navarro de León      | GEOH.07   | 192  | J.P. Canales                | C96.02    | 226  |
| Instituto Geográfico, España | C96.01    | 226  | J.S. Payero de Jesús        | SL.01     | 210  |
| Irina E. Tereshchenko        | CA.20     | 176  | J.T. Silva G.               | GE.07     | 186  |
| Irina E. Tereshchenko        | CA.24     | 177  | J.U. Alferov                | CA.12     | 174  |
| Isabel Simón                 | GEOH.01   | 190  | Jacques Bourgois            | TMC.02    | 260  |
| Ismael González              | GEOH.04   | 190  | Jaime Domínguez             | SL.06     | 211  |
| Ismael Pérez García          | LSM.03    | 240  | Jaime Domínguez             | SL.07     | 211  |
| Israide Alcantara            | GEOL.07   | 197  | Jaime Herrera Barrientos    | GEOH.09   | 192  |
| J. Adem                      | LSM.02    | 240  | Jaime Herrera Barrientos    | GEOH.11   | 193  |
| J. Adem                      | MNO.09    | 243  | James P. Kennett            | PP.07     | 247  |
| J. Andrés Chavarría          | GEOH.01   | 190  | Javier F. Pacheco           | SL.13     | 213  |
| J. Antonio Delgado Contreras | MNO.05    | 242  | Javier F. Pacheco           | SL.17     | 214  |
| J. Carachure Bautista        | GEOH.12   | 193  | Javier F. Pacheco           | SRM.03    | 257  |
| J. Cervantes                 | CA.11     | 173  | Javier F. Pacheco           | SL.07     | 211  |
| J. Crusius                   | PP.04     | 246  | Javier F. Pacheco           | SRM.01    | 257  |
| J. Cuenca                    | SRM.09    | 259  | Javier Lermo S.             | VUL.11    | 223  |
| J. Díaz                      | C96.03    | 227  | Jean Yves Royer             | TMC.02    | 260  |
| J. Díaz                      | TMC.04    | 261  | Joann M. Stock              | GEOL.12   | 199  |
| J. Díaz                      | C96.07    | 228  | Joel E. Rodríguez           | PIG.15    | 252  |
| J. de Anda Sánchez           | ETM.04    | 235  | John A. Randall Roberts     | GE.08     | 187  |
| J. Favella                   | SL.19     | 215  | John A. Whitehead           | CM.01     | 180  |
| J. Gallart                   | PIG.02    | 248  | John A. Whitehead           | CM.04     | 181  |
| J. González                  | C96.09    | 229  | John VanDecar               | SL.06     | 211  |
| J. Guadalupe López Oliva     | GEOL.08   | 198  | Jorge Pérez Peraza          | FE.01     | 183  |
| J. Herrera                   | GEOH.08   | 192  | Jorge Pérez Peraza          | FE.02     | 183  |
| J. Lermo                     | SRM.09    | 259  | Jorge Pérez Peraza          | FE.05     | 184  |
| J. Mezcuca                   | C96.03    | 227  | Jorge Werner                | GEOH.06   | 191  |
| J. Mezcuca                   | TMC.04    | 261  | Jorge Werner                | GEOH.07   | 192  |
| J. Mimiaga                   | SL.27     | 218  | José Aguilar                | SL.03     | 210  |
| J. Nieto Obregón             | SRM.09    | 259  | José Antonio Pérez Venzor   | GEOQ.06   | 204  |
| J. Nieto Obregón             | TMC.01    | 260  | José Antonio Pérez Venzor   | GEOL.18   | 202  |
| J. Pacheco                   | SL.16     | 214  | José Antonio Salinas Prieto | SOD.09    | 256  |
| J. Pacheco                   | TMC.03    | 260  | José C. Guerrero García     | PT.02     | 208  |
| J. Resnjansky                | CA.07     | 172  | José Frez Cardenas          | C96.07    | 228  |



| Autores                        | No. Trab. | Pág. | Autores                       | No. Trab. | Pág. |
|--------------------------------|-----------|------|-------------------------------|-----------|------|
| José Frez Cardenas             | C96.09    | 229  | Luis Quintanar                | SL.17     | 214  |
| José Frez Cardenas             | PIG.05    | 249  | Luis Quintanar                | SRM.07    | 258  |
| José Gómez Valdés              | MNO.05    | 242  | M. Chavez                     | SL.28     | 218  |
| José Gómez Valdés              | MNO.07    | 243  | M. Eloísa Aparicio Ceja       | GEOQ.07   | 205  |
| José Guadalupe Acosta Chang    | SL.22     | 216  | M. Farran                     | C96.02    | 226  |
| José Jorge Aranda Gómez        | GEOL.18   | 202  | M. Guzmán Speziale            | TMC.11    | 263  |
| José L. Marroquín              | PIG.11    | 251  | M. Lozada                     | GE.04     | 185  |
| José L. Ochoa de la Torre      | MNO.01    | 242  | M. Navarro                    | GE.04     | 185  |
| José Luis Bravo Cabrera        | CA.17     | 175  | M. Pardo                      | TMC.03    | 260  |
| José Luis Pérez                | CA.16     | 175  | M. Rodríguez                  | SL.14     | 213  |
| José Luis Pérez Soto           | GEOH.05   | 191  | M. Rodríguez                  | SRM.09    | 259  |
| José Manuel Romo Jones         | PIG.16    | 252  | M. Romero                     | TMC.06    | 261  |
| José Manuel Romo Jones         | PIG.07    | 250  | M. Torné                      | TMC.10    | 263  |
| José Octavio Salinas Ramírez   | GEOH.07   | 192  | M. Villegas                   | SL.28     | 218  |
| José Silva                     | SL.03     | 210  | M.A. Armienta                 | GEOH.15   | 194  |
| Josef M. Oberhueber            | MNO.04    | 242  | M.A. Armienta                 | GEOQ.10   | 206  |
| Josué Álvarez Borrego          | SOD.01    | 254  | M.A. Armienta                 | VUL.02    | 220  |
| Josué Álvarez Borrego          | SOD.04    | 255  | M.A. Capistran Ocampo         | SL.12     | 213  |
| Juan Carlos Herguera           | PP.05     | 246  | M.A. Perez Flores             | PIG.12    | 251  |
| Juan Carlos Herguera           | PP.08     | 247  | M.A. Santoyo                  | SL.16     | 214  |
| Juan Carlos Montalvo Arrieta   | SL.22     | 216  | M.A. Santoyo                  | SRM.06    | 258  |
| Juan Espinosa Luna             | GE.03     | 185  | M.F. Morales                  | CA.22     | 177  |
| Juan Espinosa Luna             | GE.13     | 188  | M.G. Rodríguez                | PIG.12    | 251  |
| Juan García Abdeslem           | GE.12     | 188  | M.I. Bursik                   | VUL.13    | 224  |
| Juan García Abdeslem           | PIG.08    | 250  | M.M. Brugman                  | VUL.13    | 224  |
| Juan H. Gaviño Rodríguez       | PIG.10    | 250  | M.R. Kundu                    | FE.03     | 183  |
| Juan H. Gaviño Rodríguez       | SOD.08    | 256  | M.S. Hernández Bernal         | GEOQ.01   | 203  |
| Juan José Ramírez Ruiz         | VUL.09    | 223  | Macías J.L.                   | VUL.04    | 221  |
| Juan Manuel López Bojórquez    | DMM.08    | 232  | Macías J.L.                   | VUL.06    | 222  |
| Juarez Aguilar L.              | GE.15     | 189  | Macías J.L.                   | VUL.07    | 222  |
| Julian Adem                    | CA.01     | 171  | Macías J.L.                   | VUL.05    | 221  |
| Julio Álvarez Rosales          | GEOT.04   | 238  | Machain Castillo M.L.         | PP.02     | 245  |
| Julio Vázquez Estrada          | PIG.07    | 250  | Macías Romo Consuelo          | GEOQ.05   | 204  |
| K. Rubinstein                  | CA.07     | 172  | Maclovio Obeso Nieblas        | CM.03     | 180  |
| K. Rubinstein                  | CA.10     | 173  | Maclovio Obeso Nieblas        | CM.06     | 181  |
| K. Rubinstein                  | CA.12     | 174  | Manuel Cruz Castillo          | GEOL.15   | 200  |
| Karla Paola Garza García       | PIG.14    | 252  | Manuel López                  | DMM.09    | 232  |
| Ken Cameron                    | ETM.01    | 234  | Manuel López M.               | DMM.05    | 231  |
| Kurt Schetelig                 | GEOH.07   | 192  | Manuel López M.               | MNO.06    | 243  |
| L. Cárdenas González           | VUL.13    | 224  | Manuel Lozada Zumaeta         | GE.01     | 185  |
| L. Mariano Cerca Martínez      | GEOL.14   | 200  | Manuel Lozada Zumaeta         | GE.11     | 187  |
| L. Mariano Cerca Martínez      | GEOQ.09   | 206  | Manuel Lozada Zumaeta         | PIG.04    | 249  |
| L. Mezger Weldon               | VUL.13    | 224  | Manuel O. Nevárez Martínez    | CM.09     | 182  |
| L. Munguía Orozco              | GEOT.06   | 238  | María de Jesús Green Ruíz     | PP.01     | 245  |
| L. Quintanar                   | SRM.08    | 259  | María de Jesús Green Ruíz     | PP.03     | 246  |
| L. Tern                        | SRM.08    | 259  | María Luisa Argote            | DMM.03    | 230  |
| L.I. Miroshnichenko            | FE.04     | 183  | María Teresa Morandi          | SL.03     | 210  |
| L.M. Alva Valdivia             | GE.05     | 186  | María Teresa Ramírez Herrera  | TMC.08    | 262  |
| Lares M.L.                     | PP.04     | 246  | Marco A. Galicia Perez        | SOD.08    | 256  |
| Laura Cortéz                   | CA.19     | 176  | Marco A. Reyes                | SL.04     | 210  |
| Laura Elena Carrillo Bibriezca | DMM.07    | 232  | Margarita López Martínez      | GEOQ.09   | 206  |
| Laura Sanchez Velasco          | CM.03     | 180  | Margarita López Martínez      | ETM.07    | 236  |
| Leonorilda Gómez Romero        | CA.23     | 177  | Maria Luisa Bermúdez          | SL.21     | 216  |
| Luca Ferrari                   | ETM.03    | 234  | Mario R. Araiza Quijano       | SL.18     | 215  |
| Luis A. Delgado Argote         | GE.12     | 188  | Mark Marín Hernández          | SOD.01    | 254  |
| Luis A. Delgado Argote         | GEOL.09   | 198  | Mark Marín Hernández          | SOD.04    | 255  |
| Luis A. Delgado Argote         | GEOL.15   | 200  | Martín Cárdenas S.            | SL.15     | 214  |
| Luis A. Delgado Argote         | VUL.14    | 224  | Martín Corona Ruiz            | SL.23     | 217  |
| Luis A. Delgado Argote         | C96.02    | 226  | Martín M. Rangel Rodríguez    | GEOH.07   | 192  |
| Luis A. Delgado Argote         | C96.03    | 227  | Martínez Serrano Raymundo G.  | GEOQ.05   | 204  |
| Luis A. Delgado Argote         | C96.04    | 227  | Martiny Kramer Barbara        | GEOQ.05   | 204  |
| Luis A. Delgado Argote         | C96.07    | 228  | Miguel Avalos Borja           | GEOQ.07   | 205  |
| Luis A. Delgado Argote         | C96.08    | 228  | Miguel F. Lavín               | DMM.01    | 230  |
| Luis E. Marín                  | GEOH.04   | 190  | Miguel Farfán                 | VUL.15    | 225  |
| Luis G. Álvarez                | CA.05     | 181  | Miguel Farfán                 | SRM.05    | 258  |
| Luis Munguía                   | SL.05     | 211  | Ministerio de Defensa, España | C96.01    | 226  |
| Luis Plata Rosas               | MNO.01    | 242  | Morán Zenteno Dante J.        | ETM.02    | 234  |



| Autores                      | No. Trab. | Pág. | Autores                           | No. Trab. | Pág. |
|------------------------------|-----------|------|-----------------------------------|-----------|------|
| Morán Zenteno Dante J.       | GEOQ.05   | 204  | Rodrigo González                  | GEOH.04   | 190  |
| N. Gopalswamy                | FE.03     | 183  | Rodrigo González Enríquez         | GEOH.09   | 192  |
| N. Kouzoub                   | GEOH.03   | 190  | Rodrigo Muñoz                     | CA.14     | 174  |
| N. Kouzoub                   | PIG.01    | 248  | Rogelio Vázquez                   | GE.03     | 185  |
| N. Vidal                     | TMC.04    | 261  | Rogelio Vázquez González          | PIG.09    | 250  |
| Noel Carbajal                | DMM.04    | 230  | Roger Byrne                       | PP.06     | 247  |
| Noel Carbajal                | MNO.08    | 243  | Rosalía García Arthur             | VUL.15    | 225  |
| Nora Cenicerós               | VUL.02    | 220  | Rosalía García Arthur             | SRM.05    | 258  |
| O. Campos Enríquez           | GEOQ.02   | 203  | Rubén Estrada Flores              | GEOL.10   | 198  |
| O. Cruz                      | GEOH.15   | 194  | Rubén Sánchez G.                  | CA.20     | 176  |
| O. Pardo Cerón               | TMC.01    | 260  | S. Enome                          | FE.03     | 183  |
| Octavio Lázaro Mancilla      | PIG.06    | 249  | S. López D.                       | GE.07     | 186  |
| Odranoel Quintero Legorreta  | GEOL.01   | 195  | S. Méndez Delgado                 | PIG.12    | 251  |
| Ofelia Morton                | GEOQ.10   | 206  | S.K. Singh                        | SL.16     | 214  |
| Oliver A.                    | GEOQ.08   | 205  | S.K. Singh                        | SRM.06    | 258  |
| Olivia Rodríguez Martínez    | GEOL.08   | 198  | S.K. Singh                        | TMC.03    | 260  |
| Omar Delgado Rodríguez       | GE.10     | 187  | Saúl Álvarez Borrego              | CM.02     | 180  |
| Orlando Delgado              | CA.26     | 178  | Sara Palacios                     | PP.08     | 247  |
| Orozco Esquivel María Teresa | ETM.05    | 235  | Schaaf, Peter                     | GEOQ.03   | 203  |
| ORSTOM, Villefranche         | C96.01    | 226  | Secretaría de Marina, México      | C96.01    | 226  |
| Ortega Gutiérrez Fernando    | ETM.01    | 234  | SenGupta B.K.                     | PP.02     | 245  |
| Orzo Sánchez                 | LSM.07    | 241  | Sergey N. Bulgakov                | CM.01     | 180  |
| Oscar E. González Yajimovich | GEOH.05   | 191  | Sergey N. Bulgakov                | CM.04     | 181  |
| P. Ayarza                    | C96.04    | 227  | Sergey N. Bulgakov                | DMM.02    | 230  |
| P. Canales                   | C96.04    | 227  | Sergio Guzmán Ruiz                | CA.09     | 173  |
| P. Niiler                    | CM.08     | 182  | Sergio Vázquez Hernández          | GEOL.11   | 199  |
| P. Osuna                     | SOD.06    | 255  | Sheridan M.F.                     | VUL.06    | 222  |
| P.F. Zárate del Valle        | GEOL.16   | 201  | Shri K. Singh                     | SL.13     | 213  |
| P.F. Zárate del Valle        | ETM.04    | 235  | Shri K. Singh                     | SRM.03    | 257  |
| Pedraza Rodríguez U.M.       | GE.09     | 187  | Siebe C.                          | VUL.05    | 221  |
| Pedraza Rodríguez U.M.       | GEOL.05   | 197  | Silva Romo, Gilberto              | GEOQ.05   | 204  |
| Pedro Rosales Grano          | SOD.05    | 255  | Silvio Guido Marinone Moschetto   | MNO.03    | 242  |
| Peter Birkle                 | GEOT.02   | 237  | Socorro Medina                    | LSM.05    | 240  |
| Peter Schaaf                 | GEOQ.04   | 203  | Solís Pichardo G.N.               | ETM.02    | 234  |
| Peter Schaaf                 | GEOQ.06   | 204  | Solís Rosales C.                  | GEOQ.08   | 205  |
| Pratap N. Sahay              | SL.10     | 212  | Sorayda Tanahara                  | MNO.06    | 243  |
| Pratap N. Sahay              | SL.11     | 213  | Susana A. Alaniz Álvarez          | GEOL.02   | 195  |
| R. Bartolomé                 | PIG.02    | 248  | Susana A. Alaniz Álvarez          | GEOL.03   | 195  |
| R. Bartolomé                 | C96.04    | 227  | Susana A. Alaniz Álvarez          | GEOL.04   | 196  |
| R. Carbonell                 | C96.02    | 226  | Susana A. Alaniz Álvarez          | GEOL.06   | 197  |
| R. Carbonell                 | C96.04    | 227  | T. Baumgartner                    | PP.04     | 246  |
| R. Carbonell                 | PIG.02    | 248  | T. Herbert                        | PP.05     | 246  |
| R. Carbonell                 | TMC.10    | 263  | T.J.T. Spanos                     | SL.11     | 213  |
| R. Castro                    | C96.03    | 227  | Tan Yi                            | SL.08     | 212  |
| R. Castro                    | C96.09    | 229  | Teodoro Hernández Treviño         | GEOQ.04   | 203  |
| R. Durazo                    | CM.08     | 182  | Teresa Orozco Esquivel            | VUL.01    | 220  |
| R. Glaus                     | VUL.13    | 224  | Teresa Soriano                    | SL.19     | 215  |
| R. Pérez Enríquez            | FE.03     | 183  | Thomas Pohlmann                   | DMM.04    | 230  |
| R. Pérez Enríquez            | FE.04     | 183  | Tolson G.                         | ETM.02    | 234  |
| R. Patiño Mercado            | CA.29     | 178  | Ulises Rodríguez                  | PIG.16    | 252  |
| R. Ramirez                   | SL.28     | 218  | Universidad Complutense de Madrid | C96.01    | 226  |
| R. Saldaña                   | CA.22     | 177  | Universidad de Guadalajara        | C96.01    | 226  |
| R. Saucedo                   | GE.07     | 186  | V. Ferreira                       | PP.04     | 246  |
| R.A. Angiano Rojas           | PT.05     | 209  | V. Kostoglodov                    | SL.16     | 214  |
| R.A. Angiano Rojas           | ETM.06    | 236  | V. Kostoglodov                    | SL.27     | 218  |
| Raúl Gama Villegas           | GEOT.03   | 237  | V. Kostoglodov                    | TMC.03    | 260  |
| Rafael Patiño                | LSM.01    | 240  | V. Kostoglodov                    | TMC.11    | 263  |
| Rafael Ramírez M             | CA.05     | 181  | V. Pérez Arroyo                   | GEOQ.09   | 206  |
| Rafiq Azzam                  | GEOH.07   | 192  | V. Sallarés                       | TMC.04    | 261  |
| Randy Kuenhel                | SL.06     | 211  | V. Sallarés                       | TMC.05    | 261  |
| Rene Garduño                 | CA.01     | 171  | V.H. Espindola                    | C96.06    | 227  |
| Roberto Ortega               | SL.08     | 212  | V.H. Garduño M.                   | GE.07     | 186  |
| Roberto Toscano              | SRM.05    | 258  | V.M. Mendoza                      | LSM.02    | 240  |
| Rodolfo Silva                | SOD.02    | 254  | V.M. Mendoza                      | MNO.09    | 243  |
| Rodolfo Silva                | SOD.03    | 254  | Valdés González C.                | VUL.12    | 223  |
| Rodríguez García M.G.        | GE.15     | 189  | Valentina Davydova Belitskaya     | CA.04     | 171  |
| Rodríguez L.                 | GEOQ.08   | 205  | Valentina Davydova Belitskaya     | CA.08     | 172  |

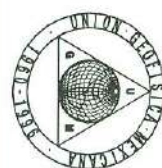


| Autores                       | No. Trab. | Pág. |
|-------------------------------|-----------|------|
| Valentina Davydova Belitskaya | CA.15     | 175  |
| Vicente de la Cruz            | SL.11     | 213  |
| Vicente Torres Rodríguez      | GEOH.13   | 194  |
| Vicente Torres Rodríguez      | GEOL.17   | 201  |
| Vicente Torres Rodríguez      | GEOT.02   | 237  |
| Victor Cornejo López          | CA.19     | 176  |
| Victor Cornejo López          | CA.25     | 177  |
| Victor Hugo Garduño           | GEOL.07   | 197  |
| Victor Magaña                 | CA.16     | 175  |
| Victor Magaña                 | LSM.06    | 241  |
| Victor Magaña                 | LSM.07    | 241  |
| Victor Manuel Frías Camacho   | C96.08    | 228  |
| Victor Moreno Rivera          | GEOQ.09   | 206  |
| Victor O. Magaña              | LSM.05    | 240  |
| Vladimir M. Kushnir           | DMM.02    | 230  |
| Vyacheslav M. Zobin           | SRM.02    | 257  |
| W.L. Bandy                    | TMC.03    | 260  |
| W.L. Bandy                    | TMC.11    | 263  |
| Walter Ritter Ortiz           | CA.09     | 173  |
| Wilfried Zahel                | PIG.10    | 250  |
| Wolfgang Stinnesbeck          | GEOL.08   | 198  |
| Y.A. Taran                    | VUL.03    | 220  |
| Yuri N. Skiba                 | CA.02     | 171  |
| Yuri N. Skiba                 | CA.04     | 171  |
| Yuri N. Skiba                 | CA.06     | 172  |
| Z. Jiménez                    | SL.02     | 210  |
| Z. Jiménez                    | SRM.08    | 259  |
| Z. Jiménez Jiménez            | VUL.10    | 223  |



# UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA REUNIÓN ANUAL 1996

## PROGRAMA GENERAL



| LUNES 4                             |   |                                      | MARTES 5                            |                                   |   | MIÉRCOLES 6 |   |   | JUEVES 7 |   |   | VIERNES 8 |   |   |
|-------------------------------------|---|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---|-------------|---|---|----------|---|---|-----------|---|---|
| A                                   | B | C                                    | A                                   | B                                 | C | A           | B | C | A        | B | C | A         | B | C |
| REGISTRO E INSCRIPCIÓN              |   |                                      | CEREMONIA INAUGURAL                 |                                   |   |             |   |   |          |   |   |           |   |   |
| DINÁMICA DE MARES MARGINALES        |   |                                      | SIMULACIÓN DEL OLEAJE Y SU DINÁMICA |                                   |   |             |   |   |          |   |   |           |   |   |
| FÍSICA ESPACIAL                     |   |                                      | EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE MÉXICO       |                                   |   |             |   |   |          |   |   |           |   |   |
| EXPLORACIÓN GEOFÍSICA II            |   |                                      | EXPLORACIÓN GEOFÍSICA I             |                                   |   |             |   |   |          |   |   |           |   |   |
| ESTUDIOS CLIMATOLÓGICOS             |   | MODELACIÓN NUMÉRICA Y ANALÍTICA      |                                     | MODELACIÓN NUMÉRICA DEL OCEANO    |   |             |   |   |          |   |   |           |   |   |
| GEOQUÍMICA                          |   | GEOTERMIA                            |                                     | CORTES 96                         |   |             |   |   |          |   |   |           |   |   |
| PROBLEMAS INVERSOS EN GEOCIENCIAS   |   | PROBLEMAS INVERSOS EN GEOCIENCIAS    |                                     | PROBLEMAS INVERSOS EN GEOCIENCIAS |   |             |   |   |          |   |   |           |   |   |
| ASAMBLEA<br>1996                    |   | HURACANES Y TORMENTAS TROPICALES     |                                     | ESTUDIOS ATMÓSFERICOS REGIONALES  |   |             |   |   |          |   |   |           |   |   |
|                                     |   | VULCANOLOGÍA Y SISMICIDAD            |                                     | VULCANOLOGÍA                      |   |             |   |   |          |   |   |           |   |   |
|                                     |   | SISMOLOGÍA I                         |                                     | SISMOS RECIENTES DE MÉXICO        |   |             |   |   |          |   |   |           |   |   |
| CIENCIAS DEL MAR                    |   | PALEOCEANOGRAFÍA Y PALEOCLIMATOLOGÍA |                                     | LA SEQUÍA EN MÉXICO               |   |             |   |   |          |   |   |           |   |   |
| TECTÓNICA DE MARGENES CONTINENTALES |   | GEOLOGÍA II                          |                                     | GEOLOGÍA I                        |   |             |   |   |          |   |   |           |   |   |
| PALEOMAGNETISMO TERRESTRE           |   | SISMOLOGÍA III                       |                                     | SISMOLOGÍA II                     |   |             |   |   |          |   |   |           |   |   |
|                                     |   | GEOHIDROLOGÍA II                     |                                     | GEOHIDROLOGÍA I                   |   |             |   |   |          |   |   |           |   |   |



Recordamos a todos los miembros de la Unión Geofísica Mexicana que la cuota para 1997 es de N\$ 150.00 (CIENTO CINCUENTA PESOS 00/100 M.N.).

Favor de hacer llegar su cuota a:

ó

Favor de hacer llegar su cuota a:

Juan García Abdeslem  
División de Ciencias de la Tierra  
Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada  
Ensenada, 22860, Baja California

Ana Pereda  
Instituto de Geofísica, UNAM  
Ciudad Universitaria  
México, D.F., Del. Coyoacán,  
C.P. 04510

Con un cordial saludo.

M.C. Luis A. Delgado Argote  
Secretario de Difusión

GEOS, revista a la venta en:

ó

CICESE:

Instituto de Geofísica-UNAM  
Sección Editorial,  
At'n: Ana Pereda

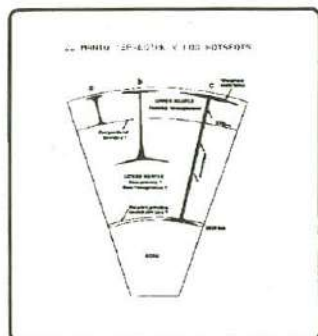
División de Ciencias de la Tierra  
Departamento de Geología  
At'n: Víctor M. Frías Camacho

Costo del ejemplar N\$ 50.00



# GEOS

UNION GEOFISICA MEXICANA



Volumen 14

No.2

Abril de 1994

## La Sismología en México:

10 años después del temblor de  
Michoacán del 19 de Septiembre de 1985

Monografía No. 2 Unión Geofísica Mexicana

Francisco Medina Martínez  
Luis A. Delgado Argote  
Gerardo Suárez Reynoso

Editores



# GEOS

UNION GEOFISICA MEXICANA

BOLETIN INFORMATIVO

EPOCA II

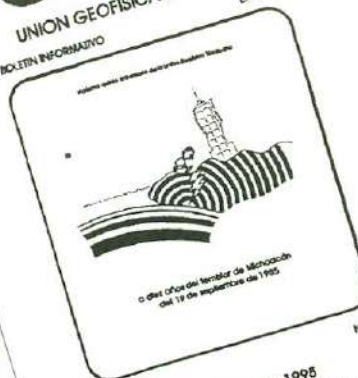


# GEOS

UNION GEOFISICA MEXICANA

BOLETIN INFORMATIVO

EPOCA II



10 años después del temblor de Michoacán  
del 19 de Septiembre de 1985

No. 2

Volumen 15

Noviembre de 1995

Resúmenes y programa de la Reunión Anual

MONOGRAFIA No. 1

## CONTRIBUCIONES A LA TECTONICA DEL OCCIDENTE DE MEXICO

L.A. Delgado-Argote  
A. Martín-Barajas  
Editores



Tus trabajos de investigación y divulgación  
tienen cabida en estos foros de la  
Unión Geofísica Mexicana

## geofísica internacional

CONTENTS

Volume 34, 3, April-June, 1995

|                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| J. ADRI, V. M. MENDEZ and E. E. VILLANUEVA: Numerical prediction of the sea surface wave pattern in the Pacific and Atlantic oceans.                         | 149 |
| J. CANCELLON and V. BARRON: Influence de la vitesse de rotation de la croûte terrestre sur la sismologie en Argentine subantarctique.                        | 161 |
| M. E. SELLUCHI: Origenes y predicción de situaciones sísmicas considerando a la tectónica de la zona de Subandino.                                           | 171 |
| J. URBUTIA-PUCGALUCHI: Preliminary light to heavy paleomagnetic of Baja California Peninsula, Mexico.                                                        | 187 |
| J. URBUTIA-PUCGALUCHI and R. MOLINA-GARZA: Magnetic fabric and interpretation of the Xalapa basin, southern Mexico: implications for the orogenic evolution. | 201 |
| E. C. MARTINEZ, M. VILLANUEVA and J. BAYKOV: Magnetite for local earthquakes calculated with the 3D spherical seismic tensor.                                | 213 |
| G. J. GONZALEZ-POMERO and C. VALDES-CONSALEZ: Seismicity of the State of Puebla, Mexico 1986-1993.                                                           | 221 |
| A. PASQUAL, O. DELGADO and M. FUENTES: Determinación de la consistencia sísmica de las redes de la República de Cuba.                                        | 233 |
| M. E. VELAZQUEZ-LÓPEZ: Paleogeografía paleontológica de la zona de Xalapa, Veracruz, México, desde 1980 hasta.                                               | 239 |

## geofísica internacional

ISSN 0016-7176

Volume 34, Number 2, April - June, 1995