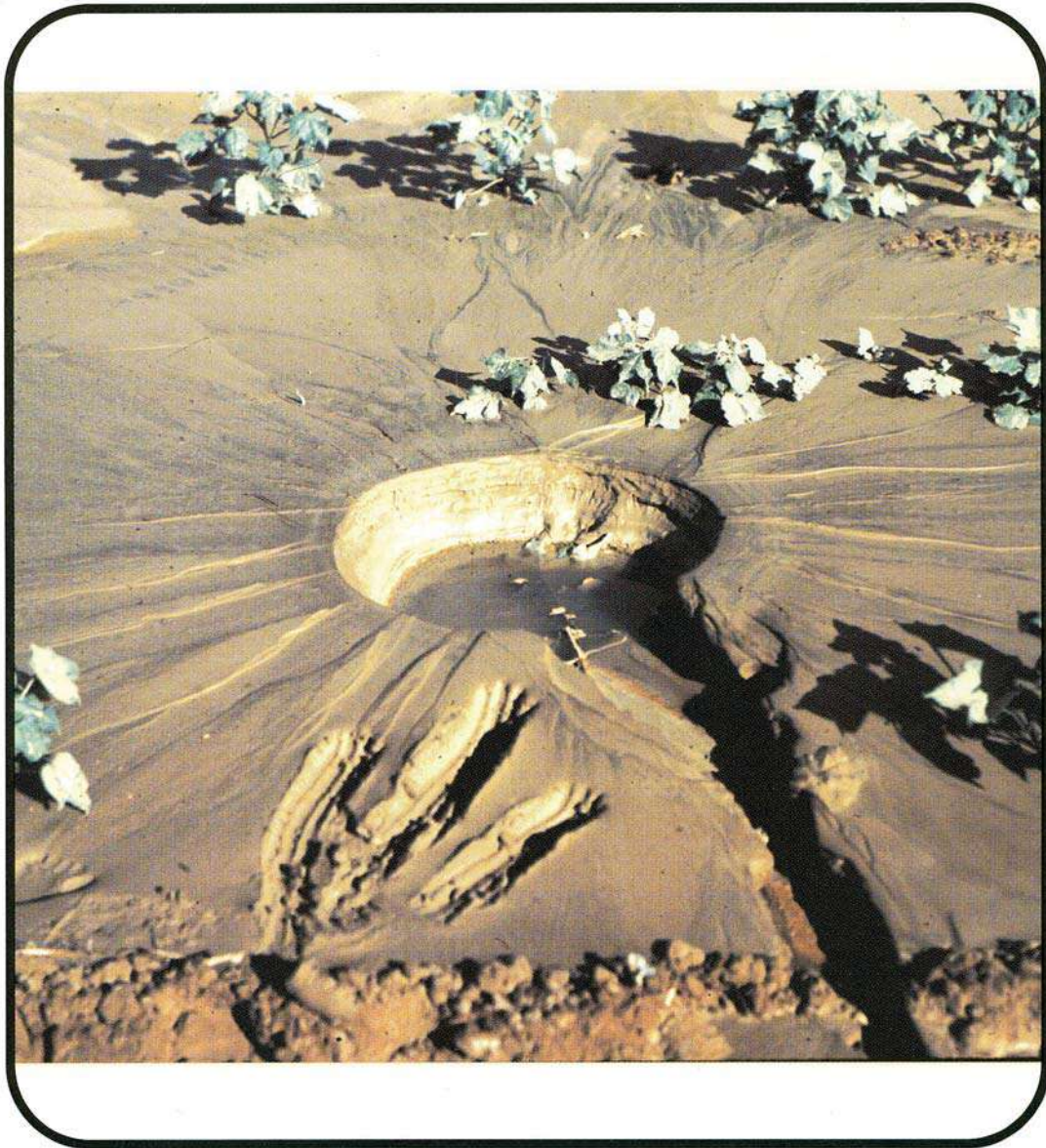


GEOS

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.

BOLETÍN INFORMATIVO

ÉPOCA II



Volumen 19

No. 1

Marzo de 1999

GEOS

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

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

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.
Mesa Directiva 98-99

Dr. José Gómez Valdés
Presidente

Dr. Fernando García García
Vicepresidente

Dr. Edgar Pavía López
Secretario General

Dr. Josué Álvarez Borrego
Tesorero

Dr. Sóstenes Méndez Delgado
Secretario de Investigación

M.C. Luis Alberto Delgado Argote
Secretario de Difusión

Dr. Miguel Rodríguez González
Secretario de Educación

Dr. Julián Adem Chain
Presidente Honorario

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

GEOS, Boletín Informativo de la UGM publica artículos y notas de investigación, divulgación, 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 y divulgación enviados para publicación no deben exceder 20 páginas (número de palabras por página 1050) en el formato de la revista. Los artículos de investigación son arbitrados por duplicado, mientras que los de divulgación son arbitrados por un especialista.

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

Toda correspondencia dirigirla a:

Luis A. Delgado Argote
Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra
Km. 107 Carretera Tijuana-Ensenada,
Ensenada, 22860, Baja California, México
Tel. (61) 745-050, Ext. 26060
Fax: (61) 750-559
E-mail: ldelgado@cicese.mx

Luis A. Delgado Argote
y
Juan García Abdeslem
Editores

COMITE EDITORIAL

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

Victor Manuel Frias Camacho
María Cristina Álvarez Astorga
APOYO TÉCNICO EDITORIAL

ÍNDICE

EDITORIAL	1
ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	
APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE RADIO-ONDAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LOS SUELOS DE LA PORCIÓN NW DE LAS PROVINCIAS HABANERAS, CUBA	2
<i>Omar Delgado-Rodríguez y Armando Pascual-García</i>	
MONITOREO DE ²²² Rn EN LA COSTA SUR DE MÉXICO, TRAMO ACAPULCO - PUERTO ESCONDIDO	9
<i>Faustino Juárez S. y Francisco J. Núñez-Cornú</i>	
ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN	
SISMOS DE M>6 EN EL VALLE DE MEXICALI-IMPERIAL, GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ESTRUCTURAS ASOCIADAS A LICUEFACCIÓN	15
<i>Francisco Suárez Vidal</i>	
LA FRECUENCIA DE DÍAS CON NORTES FUERTES Y SU ASOCIACIÓN CON ENSO EN EL PUERTO DE VERACRUZ, MÉXICO	24
<i>Domitilo Per yra Díaz y Leonorilda Gómez Romero</i>	
IMÁGENES ELECTROMAGNÉTICAS DEL INTERIOR DE LA TIERRA: PARTE V	29
<i>Enrique Gómez Treviño</i>	
REPORTES TÉCNICOS	
PROCESAMIENTO DE DATOS DE CTD ONDULANTE	33
<i>A. Trasviña</i>	
REPORTES	
SISMICIDAD DEL NOROESTE DE MÉXICO	44
<i>GRUPO RESNOM</i>	
NOTAS	
MEDICIONES DE MAREAS EN LA BAHÍA DE YAVAROS, SONORA	46
<i>Pedro Rosales, Juan Delgado y Juan Dworak</i>	
ENGAÑO	47
<i>Pedro Ripa</i>	
PRIMER SIMPOSIO DEL POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA, UNAM	48
NOTICIAS DE LA UGM	
ACTA DE LA ASAMBLEA GENERAL DE LA REUNIÓN ANUAL 1998 DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.	54
DIRECTORIO DE MIEMBROS DE LA UGM 1999	58
COMUNICACIONES	
REUNIÓN ANUAL 1999, UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.	67
INSTRUCCIONES PARA AUTORES DE ARTÍCULOS	74
FORMA DE ARBITRAJE	76

EDITORIAL

El 15 de diciembre pasado el Ejecutivo Federal envió al Senado de la República una iniciativa de ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica. Para muchos este hecho pasó desapercibido y en la prensa poco se mencionó al respecto. El 27 de febrero apareció en los periódicos un pequeño anuncio donde se invita a conocer el contenido de la iniciativa a través de Internet (<http://www.senado.gob.mx/inic/cienciatec.html>). Más o menos al mismo tiempo, en varias instituciones, por recomendación del CONACYT se invitó a la comunidad científica a opinar sobre la misma iniciativa. Cabe mencionar que la recepción de comentarios y sugerencias tuvo como fecha límite el 10 de marzo.

Poco antes, el 23 de febrero, durante la presentación del Programa de Trabajo de Ciencia y Tecnología, el Presidente de la República pidió a la comunidad científica su análisis "objetivo y razonado" sobre la iniciativa de reforma constitucional para abrir a la inversión privada la expansión de la industria eléctrica.

Ambas invitaciones nos toman desprevenidos y como tradicionalmente ocurre, la comunidad de Ciencias de la Tierra está aparentemente ausente en el momento de emitir opiniones relativas a las políticas de la ciencia. En ambas iniciativas la comunidad tiene intereses directos. En la primera porque trata sobre la normatividad y formas de financiamiento de nuestras actividades, las que se propone que se rijan por nuevas formas de evaluación y valoración de resultados y en las que eventualmente participaría el sector empresarial. Posteriormente, en una reunión de comisiones para revisar la iniciativa de ley de fomento a la ciencia y tecnología, se destacó que ésta puede ayudar a resolver el rígido control que ejerce la Secretaría de Hacienda para asignar recursos al buscar un programa intersecretarial. Es importante también en la propuesta la intención de otorgar autonomía operativa a los centros públicos de investigación y crear fondos para que distintas entidades públicas hagan un manejo más eficiente de los recursos federales.

Por sus implicaciones económicas y políticas, la segunda iniciativa es mucho más compleja. Entre otras cosas, cabe preguntarse si las empresas privadas emprenderán investigaciones sobre proyectos de generación de electricidad utilizando la fuerza del viento o del oleaje marino, la radiación solar o la energía geotérmica. Estas áreas de investigación poco desarrolladas deben al mismo tiempo contemplarse en dos de los objetivos básicos de la nueva ley para ciencia y tecnología: superar los rezagos y propiciar el diálogo entre empresarios y científicos.

En vista de que en la nueva ley para ciencia y tecnología se mantiene el interés en seguir desarrollando investigación básica, ¿cómo se definirá la investigación orientada a la utilización de recursos naturales aprovechables a largo plazo, por ejemplo, los recursos petroleros en ambientes marinos profundos o los mencionados anteriormente? Por lo anterior es deseable que las nuevas comisiones estén conformadas por gente preparada y sensible para identificar la dirección que está tomando la investigación científica, de manera que no sólo se alarme ante las urgencias sino que invierta en el futuro. Ahora, con el fin de enriquecer las opiniones que se hayan enviado hasta el momento e independientemente de las fechas límite establecidas, no será ocioso hacer llegar comentarios sobre las iniciativas anteriores.

APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE RADIO-ONDAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LOS SUELOS DE LA PORCIÓN NW DE LAS PROVINCIAS HABANERAS, CUBA

Omar Delgado-Rodríguez¹⁻² y Armando Pascual-García²

¹ Instituto de Geofísica y Astronomía. CITMA

Calle 212 #2906, La Lisa, Ciudad de la Habana, Cuba

² Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

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

E-mail: omar@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx

RESUMEN

Se muestran los resultados de la aplicación del método de Inclinación de la Onda para determinar por primera vez en Cuba, las propiedades eléctricas del suelo en un perfil radial con centro en una antena radio-difusora, observándose la influencia de la heterogeneidad del medio en los resultados obtenidos. Se comparó el valor de la conductividad eléctrica obtenido por este método con el determinado por el método de Atenuación del Campo. Además se expone una variante metodológica que permite, utilizando mediciones de SEV y conociendo el comportamiento del relieve en un perfil, estimar la conductividad eléctrica equivalente, creando así una forma rápida y eficaz de utilizar los algoritmos planteados con anterioridad para estos fines.

INTRODUCCIÓN

Existen numerosos métodos para determinar las propiedades eléctricas del suelo. El conocimiento de estas propiedades es de gran importancia para la mayoría de los servicios radioeléctricos. Específicamente la conductividad eléctrica equivalente es imprescindible para la planificación y desarrollo de los servicios de radiodifusión en la banda de ondas medias (540-1700 kHz), ya que un conocimiento adecuado de este parámetro permite la correcta ubicación de los radio-transmisores y la posibilidad de elegir de manera eficiente la potencia de los mismos.

Con el objeto de estudiar y comparar diferentes métodos de medición de la conductividad eléctrica equivalente, se realizó un diseño experimental en un polígono ubicado al Noroeste de las provincias habaneras, Cuba (Figura 1), aplicándose los métodos de Atenuación del Campo, Sondeo Eléctrico Vertical e Inclinación de la Onda.

En este trabajo se muestran los resultados de la aplicación, por primera vez en Cuba, del método de Inclinación de la Onda para determinar la constante dieléctrica relativa (ϵ_r) del terreno. Se analizan los resultados y las posibilidades de estimar la conductividad eléctrica equivalente mediante este método en comparación con otro de amplia difusión, el de Atenuación del

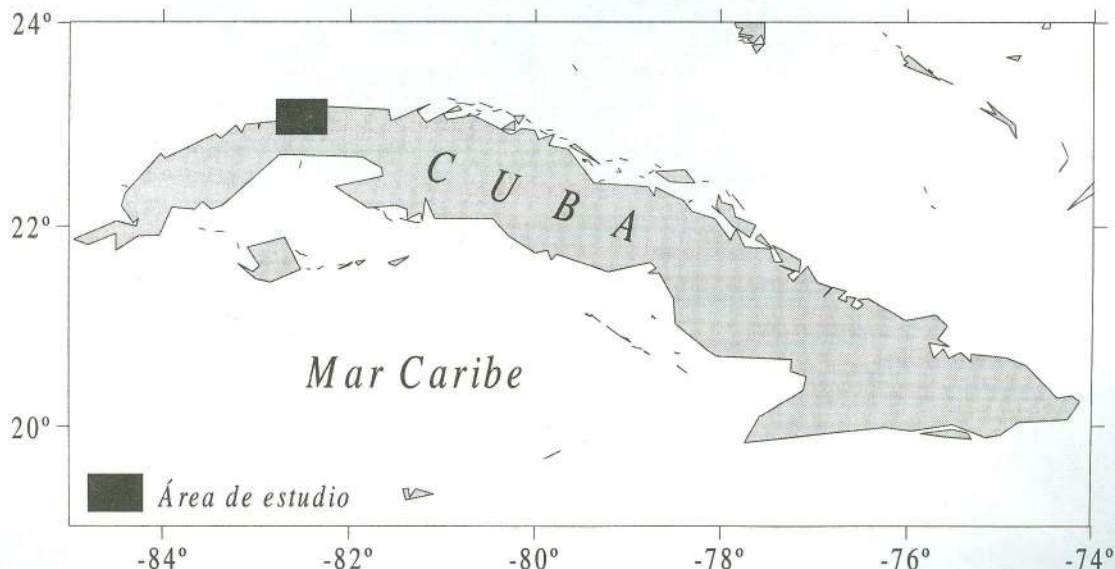


Figura1. Localización del área de estudio en la República de Cuba.

Campo. Además, se expone una adecuada metodología para la obtención y procesamiento de los datos necesarios para estimar la conductividad eléctrica equivalente, utilizando un algoritmo que permite tener en cuenta la influencia del relieve.

MATERIALES Y MÉTODOS

MÉTODO DE INCLINACIÓN DE LA ONDA

El método de Inclinação de la Onda (MIO) tiene la ventaja de poder determinar la ϵ_r del medio. Este parámetro eléctrico no siempre se toma en cuenta en los cálculos de radiopropagación. En el mejor de los casos se supone un valor en el intervalo de 1-30, lo que es aceptable en los casos de un terreno homogéneo (Jordan, 1972). Para la banda de radiodifusión esta aproximación no parece ser tan severa, ya que por regla general es despreciable el efecto de las corrientes de desplazamiento en comparación con las de conducción (CCIR, 1982a).

Además, si el terreno estuviera compuesto por estratos planos paralelos donde la primera capa tuviera un espesor grande (>10m) entonces, para la banda de radiodifusión, la onda de superficie se propagaría por un medio homogéneo y sería válido suponer, de acuerdo al tipo de suelo o litología predominante, un valor de ϵ_r dentro del rango 1 a 30. Sin embargo esta consideración puede acarrear problemas cuando el medio es multiestratificado y/o posee una tectónica compleja.

Este método se basa en el hecho de que el frente de onda electromagnética que se propaga por el terreno sufre una inclinación respecto a la vertical, y el desfase existente entre la componente vertical y la horizontal hacen que el campo resultante trace una elipse.

Existe una relación sencilla entre la conductividad eléctrica equivalente y la constante dieléctrica relativa equivalente, con las dos componentes del campo (CCIR, 1982b):

$$\sigma_{eq} = \frac{f \left| \frac{E_v}{E_h} \right|^2 \text{Sen}(2\varphi)}{18} \quad (1)$$

$$\epsilon_r = \left| \frac{E_v}{E_h} \right|^2 \text{Cos}(2\varphi) \quad (2)$$

E_v - componente vertical del campo en mV/m.

E_h - componente horizontal del campo en mV/m.

φ - desfase entre las dos componentes en grados.

ϵ_r - constante dieléctrica relativa equivalente (adimensional).

σ_{eq} - conductividad eléctrica equivalente en mS/m.

f - frecuencia de la onda de superficie en MHz.

Para el cálculo de la relación entre las componentes y su desfase se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\left| \frac{E_v}{E_h} \right| = \frac{1 + r^2 \text{Tan}^2(\theta)}{r^2 + r^2 \text{Tan}^2(\theta)} \quad (3)$$

$$\text{Cos}(2\varphi) = \frac{(1 - r^2) \text{Sen}(2\theta - 4r^2)}{(1 + r^2) \text{Sen}(2\theta + 4r^2)} \quad (4)$$

donde:

r - razón entre las proyecciones del campo en los dos semiejes de la elipse de rotación.

θ - inclinación del frente de onda en grados.

MÉTODO DE ATENUACIÓN DEL CAMPO

El método de Atenuación del Campo (MAC) consiste, como su nombre lo indica, en la determinación de la atenuación que sufre el campo electromagnético al propagarse la onda de superficie a lo largo de una trayectoria en particular (Kashprovskii y Kuzubov, 1971).

Con este fin se realizaron una serie de mediciones de la intensidad del campo generada por un transmisor, permitiendo calcular la conductividad eléctrica equivalente de la trayectoria considerada. En este trabajo se utilizó para la elaboración de las mediciones el método simplificado (CCIR, 1975; Pascual et al., 1995); esto es, para cada punto de medición se determina la intensidad de campo E_i . Este valor de intensidad de campo es comparado con el valor de intensidad E_o (medido en las proximidades del transmisor), el cual es considerado como la intensidad de salida de la onda del transmisor.

A partir de esta comparación es posible determinar la atenuación sufrida por la onda electromagnética a la distancia R_i del transmisor según:

$$W_i = \frac{E_i R_i}{E_o}$$

Una vez conocida W_i se puede calcular la distancia numérica de acuerdo a:

$$\rho_i = \frac{(0.3 - W_i) + (0.09 + 4.2W_i - 3.2W_i)^{\frac{1}{2}}}{1.2W_i}$$

La distancia numérica ρ puede ser también definida en base a los parámetros eléctricos del suelo, siendo para el caso de un medio homogéneo:

$$\rho_i = \frac{\pi R_i f}{1.8 \times 10^4 \sigma \lambda}$$

donde:

- σ - conductividad eléctrica del medio (mS/m).
- λ - longitud de onda de la señal (metros).
- f - frecuencia de la señal (MHz).
- R_i - distancia del transmisor a punto i de medición (km).

Es decir, tomando en cuenta la existencia de un medio homogéneo y una señal de radio determinada, la r varía de manera proporcional con la distancia R .

Si $f = (c / \lambda)$, entonces:

$$\rho_i = \frac{\pi R_i c}{1.8 \times 10^4 \sigma \lambda^2},$$

donde c es la velocidad de la luz (3×10^5 km/s)

$$\rho_i = \frac{30 \pi R_i}{1.8 \times \sigma \lambda^2}$$

Luego, asumiendo que para un medio homogéneo con superficie plana horizontal el valor de la conductividad eléctrica del medio se refiere a la conductividad eléctrica equivalente (σ_{eq}), se puede obtener la siguiente expresión para el cálculo de σ_{eq} :

$$\sigma_{eqi} = 52.36 \times 10^3 \frac{R_i}{\lambda^2 \rho_i}$$

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

Un tercer método de amplia difusión, el método de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV), fue aplicado para determinar en cada punto de medición el modelo geoelectrónico.

Existen varios arreglos electródicos que pueden ser usados en la ejecución de un SEV (Orellana, 1982), en nuestro caso se utilizó la configuración tetraelectródica de Schlumberger (Figura 2).

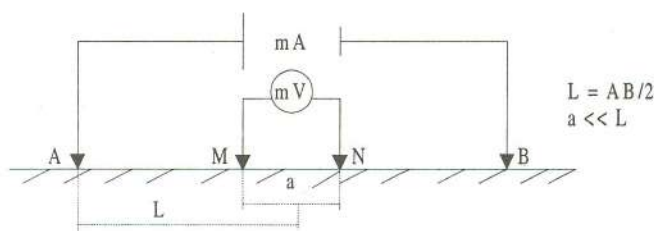


Figura 2. Configuración tetraelectródica de Schlumberger utilizada en la ejecución del método SEV.

El método SEV consiste en pasar corriente eléctrica al subsuelo mediante los electrodos de corriente A y B, mientras en los electrodos M y N se registra una diferencia de potencial ΔU . Esta operación se repite cada vez que se aumenta la distancia

entre los electrodos A y B (Figura 2), garantizando de esta forma el aumento de la profundidad de estudio. Por cada medición realizada se calcula un valor de resistividad eléctrica, según:

$$\rho = k \frac{\Delta U}{I}$$

donde:

- k - constante dependiente de la posición mutua de los electrodos (constante geométrica).
- ΔU - diferencia de potencia (mV/m) registrada entre los electrodos M y N.
- I - corriente eléctrica (mA) inyectada al terreno por los electrodos de corriente A y B.
- ρ - resistividad eléctrica (ohm-m).

Si el medio fuera homogéneo el valor de ρ sería constante para cualquier distancia entre los electrodos A y B. En la práctica no es así, el valor registrado de ρ varía con la distancia $AB/2$ y se denomina resistividad eléctrica aparente (ρ_a), por no representar el valor real de la resistividad del medio sino una contribución de los diferentes materiales a través de los cuales se conduce la corriente eléctrica inyectada por los electrodos A y B (Orellana, 1982).

Del cálculo de los valores de resistividad para los diferentes valores de $AB/2$ se genera una curva de valores de ρ_a (ohm-m) vs $AB/2$ (metros) que es sometida a procesos de modelación y/o inversión, resultando finalmente el modelo geoelectrónico unidimensional que le corresponde a cada SEV (Orellana, 1982).

Existen algoritmos que permiten, mediante el conocimiento del corte geoelectrónico, determinar parámetros importantes para el estudio de la propagación de la radio-onda, como son: la conductividad eléctrica efectiva (intrínseca) y la profundidad de penetración de la onda electromagnética a determinada frecuencia (Kashprovskii, 1963).

Algoritmos empíricos, que toman en cuenta el efecto atenuante del relieve, vinculan la conductividad eléctrica equivalente con la conductividad eléctrica efectiva, permitiendo estimar un parámetro a partir del conocimiento del otro y del perfil topográfico (Kuzubov, 1966).

TRABAJO DE CAMPO: EQUIPAMIENTO Y METODOLOGÍA

Para la ejecución de las mediciones de MAC y MIO se tuvo en cuenta un transmisor ubicado en la Ciudad de la Habana ($23^{\circ}04'40''N$ y $82^{\circ}23'31''W$), que emite una señal de radio de frecuencia 820 KHz con una potencia de 8 Kw (Radio Cadena Habana). Las mediciones se realizaron sobre tres perfiles radiales con centro en el transmisor mencionado (Figura 3), cuyas características se exponen en la Tabla 1.

El equipo utilizado para la ejecución de las mediciones fue un medidor de intensidad de campo de fabricación japonesa

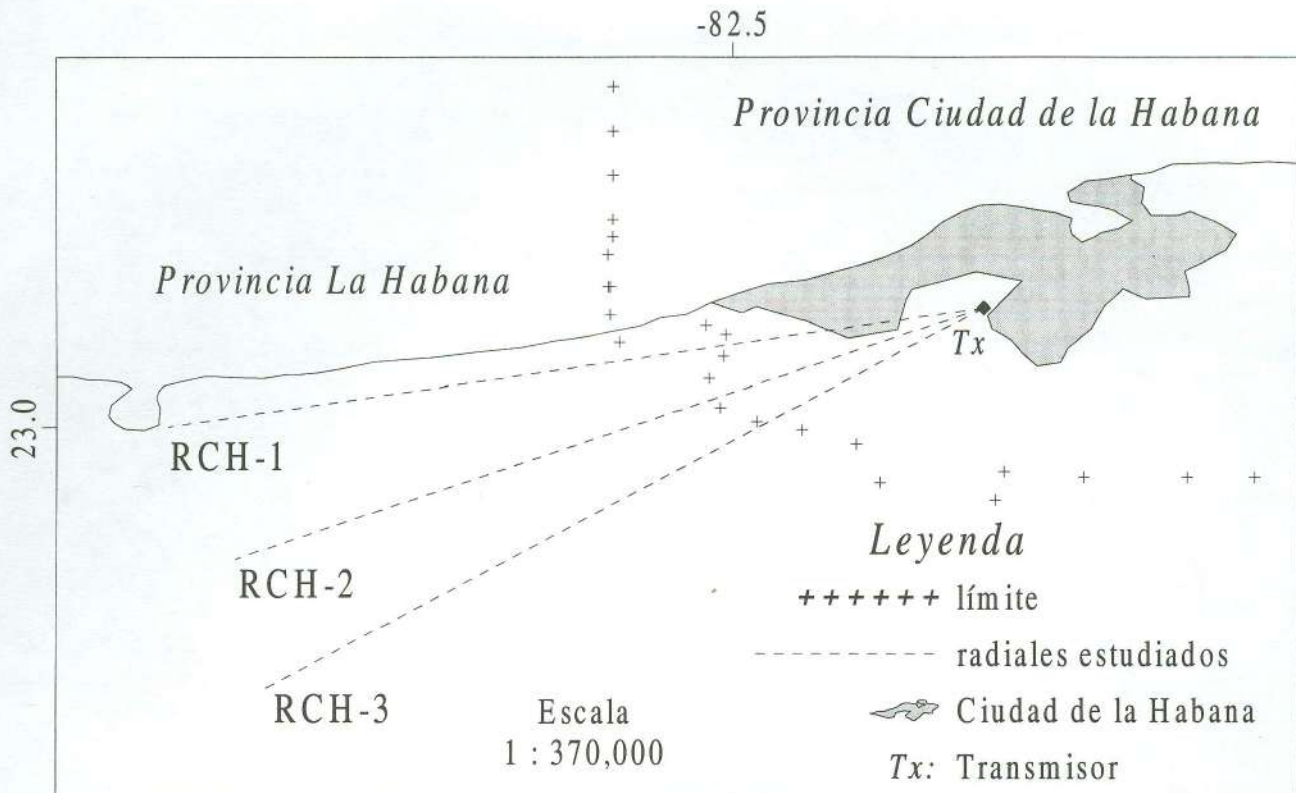


Figura 3. Ubicación de los perfiles radiales (RCH-1, RCH-2 y RCH-3) con centro en el transmisor Radio Cadena Habana ($f = 820$ KHz, $P = 8$ Kw).

Tabla 1. Características generales de los perfiles radiales medidos

Radial	Azimuth Norte (grados)	Longitud (km)	Métodos Empleados
RCH-1	261	38	SEV y MAC
RCH-2	249	41	SEV y MAC
RCH-3	239	38	MIO y MAC

(Anritsu). Para el caso de MIO se realizaron las mediciones en los puntos seleccionados para el MAC y para hacer posible su aplicación, se adaptó una antena tipo dipolo a la base de un teodolito que, conectada al Anritsu, permitió medir la inclinación del frente de onda respecto a la vertical con la precisión de un grado; éste es el ángulo de inclinación para el cual se obtiene el máximo de intensidad de campo. Posteriormente se giró la antena hasta lograr el ángulo en que se registra el mínimo de intensidad de campo, permitiendo de esta forma determinar las componentes E_v y E_h que conforman la elipse resultante del campo. Una vez conocido esto, se pudo determinar mediante (4) el ángulo ϕ y en (1) y (2) la ϵ_r y σ_{eq} para el punto en cuestión. Los valores de conductividad eléctrica equivalente calculados por ambos métodos, fueron ajustados a los valores característicos de los intervalos (0.5, 1, 3, 5, 7, 10, 15 y 30 mS/m), según lo propuesto por el Comité Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR) (Pascual *et al.*, 1995).

Para el método SEV se dispuso de un equipo IKC-1 (modificado) y se realizaron inicialmente sondeos simultáneos con las mediciones del MAC. Posteriormente y como resultado

de una elaboración inicial de los datos, se concluyó que era necesario un mayor número de sondeos para conocer el comportamiento de la conductividad eléctrica efectiva a lo largo del perfil.

La profundidad de estudio con este método depende de la distancia existente entre los electrodos de alimentación (AB/2), cuya distancia máxima utilizada fue de 40 m, la cual es suficiente para garantizar una determinación precisa de la conductividad eléctrica efectiva del suelo (Orellana, 1982).

De esta forma se determina la conductividad y espesor de cada capa, para calcular finalmente, para una frecuencia específica, la conductividad eléctrica efectiva y profundidad activa (aquella a la que se atenúa la señal a un 37%), utilizando el método Kashprovskii y Kuzubov (1971).

Todos los puntos de medición fueron seleccionados teniendo en cuenta su fácil ubicación en los mapas topográficos a escala 1:50,000 y la ausencia de líneas de alta tensión u otro factor que pudiera distorsionar la medición del campo electromagnético de interés.

COMPARACIÓN ENTRE EL MIO Y EL MAC

Se comprobó durante la ejecución de las mediciones que el MIO es menos cómodo y sencillo que el MAC, ya que éste no necesita de una nivelación del teodolito y posterior orientación

de la antena tipo dipolo. De estos dos aspectos que demoran la medición con el MIO, el de menor importancia es la orientación de la antena tipo dipolo según la dirección de arribo del frente de onda. Se pudo comprobar que un error de ± 10 grados está dentro del error del Anritsu, o sea ± 1 dB. Este resultado permite agilizar esta etapa de la medición; no obstante sigue siendo más complejo el uso del MIO que el MAC en una campaña de mediciones.

En la Figura 4b se observan los valores de σ_{eq} obtenidos en el perfil radial RCH-3 por los métodos MAC y MIO. La magnitud de los valores de σ_{eq} determinados por ambos métodos difiere en menos de 1 mS/m, lo cual no es significativo, si se tiene en cuenta que ambas curvas indican la presencia de valores bajos, con el mismo comportamiento de la conductividad en este perfil.

Sin embargo, el resultado más interesante consiste en los valores obtenidos de la ϵ_r (Figura 4a) que sobrepasan al intervalo característico para los suelos homogéneos (1-30).

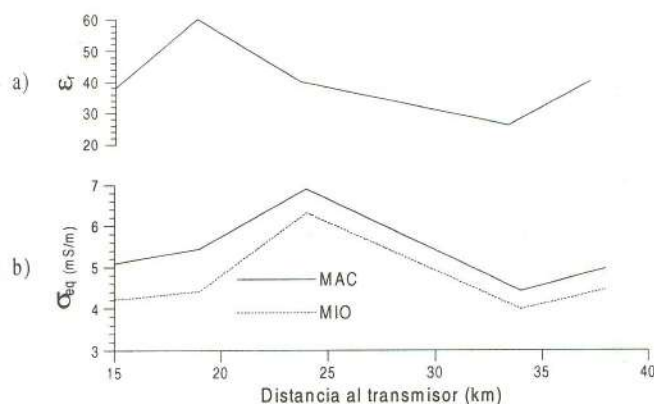


Figura 4. Resultados obtenidos en el perfil RCH-3. a) Comportamiento de la ϵ_r determinado por MIO. b) Comparación de los valores de σ_{eq} resultantes de la aplicación de los métodos MIO y MAC.

Como es conocido la precisión con que se mide la ϵ_r mediante el MIO depende fundamentalmente de la exactitud con que se mide la relación de las componentes del campo, y que en las mediciones fue de ± 1 dB, por lo que es de suponer que los valores anómalos no se deben a errores experimentales.

Otro hecho que confirma este resultado es que los valores de σ_{eq} obtenidos por ambos métodos no difieren en su comportamiento, sino de manera no significativa en la magnitud de este parámetro en cada punto de medición.

El análisis geológico-tectónico del área realizado en trabajos anteriores (Frías, 1989), mostró numerosas dislocaciones disyuntivas y plicativas, lo que a su vez se correspondió con los resultados obtenidos con los SEV's realizados simultáneamente en el perfil. Por ello, es de suponer que este último aspecto es el causante de los valores anómalos de ϵ_r en el perfil RCH-3.

ESTIMACIÓN DE LA σ_{eq} A PARTIR DE LA σ_{ef}

La σ_{eq} tiene en cuenta la influencia de los siguientes factores:

- Naturaleza del medio en que se transmite la onda.
- Irregularidades del terreno.
- Vegetación.
- Grado de humedad del terreno.
- Frecuencia de la onda.

La σ_{ef} va a estar determinada por la naturaleza del medio, el grado de humedad del terreno y la frecuencia de la onda que se transmite (Fuentes, 1978).

La influencia de la vegetación es relativamente pequeña, solo en algunos casos donde se presentan grandes extensiones con desarrollo exuberante de la misma, su influencia en el proceso de difusión es significativa.

Teniendo en cuenta el papel fundamental que juega el relieve en la difusión de las ondas electromagnéticas (Kashprovskii y Kuzubov, 1963), se puede afirmar que de existir algún algoritmo que, considerando la influencia del relieve, pudiera corregir los valores de σ_{ef} , se podrían estimar valores precisos de σ_{eq} .

Kashprovskii y Kuzubov (1963) han considerado que el cálculo de la intensidad de una onda media de radio sobre un medio heterogéneo con superficie irregular, puede ser reducido al cálculo del campo sobre un medio con superficie plana horizontal con parámetros eléctricos aparentes σ_a y ϵ_a . Para esto definen el parámetro h que incluye las propiedades eléctricas (σ y ϵ) del medio:

$$\eta = \frac{1}{\epsilon - j60\lambda\sigma}$$

Luego se puede definir el parámetro eléctrico aparente η_a , por la expresión:

$$\eta_a^{1/2} = \eta_l^{1/2} + \eta_r^{1/2},$$

donde:

η_l está determinado por los parámetros eléctricos locales σ_l y ϵ_l .

η_r lo determina la forma del relieve en la trayectoria comprendida desde el transmisor al punto en cuestión.

Si se toma en cuenta el cumplimiento de la condición $60\lambda\sigma_{ef} > \epsilon_r$ (por lo general se cumple en ondas medias) se puede considerar al parámetro η como:

$$\eta \approx 1 / (j60\lambda\sigma)$$

Por lo que finalmente, el algoritmo utilizado para estimar la conductividad eléctrica equivalente a partir de la corrección

topográfica y la conductividad eléctrica efectiva se expresa de la manera siguiente (Kuzubov, 1966):

$$\sigma_{eq}^{-1/2} = \sigma_{ef}^{-1/2} + \sigma_r^{-1/2},$$

donde:

σ_{eq} - conductividad eléctrica equivalente en mS/m.

σ_{ef} - conductividad eléctrica efectiva en mS/m.

σ_r - conductividad eléctrica aparente debido al efecto del relieve en mS/m.

$$\sigma_r = 1.68 \cdot 10^{-2} L^3 / H^4$$

donde:

L - longitud promedio de las elevaciones del terreno (metros).

H - altura promedio de las elevaciones del terreno (metros).

La influencia del relieve en la dispersión de las ondas de radio se analiza como un empeoramiento en la conductividad eléctrica del suelo a lo largo del perfil; debido a esto se expresa como σ_r , aunque solo para ser incluido en la expresión empírica anteriormente expuesta, que relaciona el efecto dispersivo del relieve con las conductividades σ_{eq} y σ_{ef} .

Para utilizar este algoritmo debe cumplirse que:

- La longitud de la onda (λ) sea mayor que 300 m.
- La difusión de las ondas de radio se realice sobre elevaciones con una altura mucho menor que la longitud de onda considerada ($H \ll \lambda$).
- Estas elevaciones no sean tan abruptas, es decir, que ($H/L \ll 1$).
- La conductividad eléctrica efectiva sea mayor que 1 mS/m.
- $60\lambda\sigma_{ef} > \epsilon_r$, siendo ϵ_r la constante dieléctrica relativa.

Estos requisitos hacen imposible la utilización de este algoritmo para estimar la conductividad eléctrica equivalente en zonas montañosas, así como en las zonas de congelación permanente, donde la baja σ_{ef} y la alta ϵ_r hacen que la condición $60\lambda\sigma_{ef} > \epsilon_r$ no se cumpla.

La σ_{ef} y la σ_r pueden relacionarse de la manera:

$$K = \sigma_{ef} / \sigma_r$$

Cuando $K \leq 10$ es el comportamiento de la σ_{ef} a lo largo del perfil, el factor principal en la difusión de las ondas electromagnéticas, en caso contrario, es decir $K > 10$, el factor fundamental sería la influencia del relieve (Kashprovskii, 1965).

Los datos del relieve deben ser tomados de hojas cartográficas a escala 1 : 10,000 o 1 : 20,000 para que puedan obtenerse con precisión las distintas variaciones del relieve. Para obtener las alturas relativas y longitudes del relieve se traza un nivel de referencia tomando en consideración las alturas menores registradas respecto al nivel medio del mar.

El algoritmo utilizado en la estimación de la σ_{eq} está preparado de forma tal que brinda varios valores estimados en un mismo perfil, en dependencia de las variaciones bruscas del relieve y/o de la magnitud de la σ_{ef} presente en el mismo.

En un primer análisis de los resultados obtenidos en los perfiles pudo comprobarse, como anteriormente se mencionó, que la medición con el método SEV simultáneamente con el MAC es insuficiente para la estimación de la σ_{ef} característica del perfil, pues para caracterizar la σ_{eq} de un perfil por el MAC basta con realizar mediciones cada 3.5 Km, mientras que por el método SEV es recomendable realizar mediciones a intervalos no mayores de 1.5 Km. Esto se debe a que la tectónica de la zona tiene dislocaciones disyuntivas bastante marcadas y plegamientos que provocan cambios bruscos de σ_{ef} para pequeñas variaciones de la distancia en el perfil (Frías, 1989).

En la Tabla 2 se observan los valores obtenidos de σ_{eq} en el perfil RCH-1 mediante los dos métodos, siendo el comportamiento de este parámetro semejante en ambos casos. Los valores obtenidos mediante la corrección topográfica se mantuvieron mayores que los obtenidos por el MAC, sugiriendo que no se han considerado algunos efectos atenuantes de menor influencia tales como las zonas pobladas.

Tabla 2. Resultados obtenidos por ambos métodos en el perfil RCH-1.

H _{drom} (m)	L _{prom} (m)	K	σ_{eq} (est.)	σ_{eq} (MAC)	Dist. (km)
39	660	28.5	1	1	3.6
35	1130	4.0	7	5	10.0
32	1053	3.4	7	5	10.4
30	1054	2.8	10	5	12.0
29	1222	1.4	15	7	14.9
28	1333	1.0	15	7	18.1
26	1278	0.8	15	7	18.9
24	1174	0.7	15	10	24.9
24	1191	0.6	15	10	27.3
24	1391	0.5	15	10	28.2
27	1141	1.2	15	10	31.1
26	1098	1.2	15	10	31.2
29	1010	2.4	10	5	33.3
34	908	5.8	5	5	37.8

El hecho de que al final del perfil exista una mayor coincidencia se debe a que los valores promedios de la σ_{ef} tienden al valor característico del perfil al final del mismo, como es de esperarse ya que el número de mediciones es mayor. Un hecho interesante que se observa es la coincidencia al inicio del perfil, donde es poca la cantidad de mediciones con el método SEV; sin embargo, si se tiene en cuenta que en este tramo del perfil el valor de K es mayor que 10, entonces la influencia del relieve en esta zona es tan fuerte que el valor de σ_{eq} va a estar más determinado por las variaciones del relieve que por el comportamiento de la σ_{ef} , demostrando que los datos del relieve fueron tomados con la precisión correcta.

En la Tabla 3 se muestran los valores de conductividad eléctrica equivalente calculados a partir de ambos métodos para el perfil RCH-2, en el cual se observa un comportamiento similar a lo ocurrido en el perfil RCH-1.

Tabla 3. Resultados obtenidos por ambos métodos en el perfil RCH-2.

H _{prom.} (m)	L _{prom.} (m)	K	σ_{eq} (est.)	σ_{eq} (MAC)	Dist. (km)
23	842	2.6	15	7	12.3
24	953	1.6	15	7	14.5
23	947	1.5	15	5	15.3
23	1045	1.1	15	7	18.4
26	1081	1.9	15	10	21.7
28	1082	3.0	15	15	24.9
30	1143	4.0	15	15	26.1
42	1069	18.9	5	5	31.5
48	1314	19.8	5	5	36.4
50	1317	21.5	5	5	41.1

Para cuantificar las diferencias entre los valores obtenidos por ambos métodos en los dos perfiles, se consideraron como magnitudes reales los valores obtenidos por el MAC, y magnitudes estimadas las determinadas por el método SEV y las correcciones topográficas, de esta forma se determinó el error estándar en la estimación de la muestra, siendo éste de 5.2 mS/m para el perfil RCH-1 y 5.6 mS/m para el perfil RCH-2.

CONCLUSIONES

a) Una buena estimación de los valores de σ_{eq} , aplicando la corrección topográfica a los valores de σ_{ef} obtenidos, es posible si los perfiles son lo suficientemente extensos, de forma tal que permitan obtener el valor medio de la σ_{ef} característica del perfil con una buena precisión.

b) La distancia a partir de la cual se estiman valores precisos de σ_{eq} en el perfil, dependerá del intervalo de medición utilizado en el método SEV; no obstante, se recomienda realizar las mediciones en un intervalo no mayor de 1.5 Km.

c) Se puede concluir además, que los valores anómalos de ϵ_r se deben a la marcada heterogeneidad del medio, es decir a la presencia de múltiples fallas y plegamientos que caracterizan la tectónica del área, así como a la multiestratificación observada en los horizontes más superficiales del subsuelo (Eliassen, 1957; Frías, 1989; Wait, 1970).

Por lo anterior, se recomienda que este parámetro eléctrico del suelo se tenga en cuenta para servicios radioeléctricos cuya frecuencia de trabajo lo requiera, ya que en los medios de alta heterogeneidad la ϵ_r puede tomar valores que difieren marcadamente del intervalo característico usualmente utilizado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la dirección del Instituto de Geofísica y Astronomía del CITMA por el soporte financiero brindado, el cual hizo posible la realización de los trabajos de campo. A la dirección del Ministerio de Comunicaciones de la República de Cuba, por su interés en este proyecto, proporcionando el equipamiento necesario para la ejecución de las mediciones de intensidad de campo. Al Dr. Carlos Flores

Luna, por la revisión del manuscrito y sus atinados comentarios, que enriquecieron e hicieron posible la publicación de este trabajo.

REFERENCIAS

- Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones, 1975, Reunión Técnica Regional de Trabajo sobre el revelamiento de datos de conductividad del suelo y ruido radioeléctrico. Lima, Perú.
- Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones, 1982a, Atlas mundial de la conductividad del suelo. Informe 717. Asamblea Plenaria, Ginebra, 5 pp.
- Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones, 1982b, Método para calcular las características eléctricas efectivas de la superficie de la Tierra. Informe AA15 (MODF).
- Eliassen, K.E., 1957, A survey of ground conductivity and dielectric constant in Norway within the frequency range 0.2-10 MHz. Geofysiske Publikasjoner, 19, N. 11.
- Frías, I., 1989, El método SEV en la determinación de la conductividad eléctrica efectiva de los suelos. Trabajo de Diploma, IGA-ACC, La Habana, Cuba.
- Fuentes, N., 1978, Confección del mapa de la conductividad eléctrica efectiva de las provincias de La Habana y Ciudad de la Habana, Trabajo de Diploma, IGA-ACC, 93 pp.
- Jordan, E.C., 1972, Electromagnetic waves and radiating systems. Segunda Edición, Ed. Rev., p. 628-665.
- Kashprovskii, V.E., 1963, Local conductivities of soils and their distribution over the territory of the USSR. Geomagnetism and Aeronomy, Vol. III, p. 240-248.
- Kashprovskii, V.E., 1965, Characteristics of ground wave propagation in the permafrost zone, Geomagnetism and Aeronomy, Vol. V, p. 596-598.
- Kashprovskii, V.E. and F.A. Kuzubov, 1963, Soil relief irregularities and their influence on the propagation of surface waves, Geomagnetism and Aeronomy, Vol. III, p. 427-435.
- Kashprovskii, V.E. y F.A. Kuzubov, 1971, Propagación de las ondas medias terrestres (en ruso), Ed. Comunicaciones, Moscú, p. 32-175.
- Kuzubov, F.A., 1966, Some characteristics of the propagation of medium wave over irregular relief, Geomagnetism and Aeronomy, Vol. VI, p. 835-838.
- Orellana, E., 1982, Prospección geoelectrica en corriente continua, Ed. Paraninfo, Madrid, 579 pp.
- Pascual, A., O. Delgado y N. Fuentes, 1995, Determinación de la conductividad eléctrica equivalente de los suelos de la República de Cuba. Geofísica Internacional, Vol. 34, N. 2, p. 233-237.
- Wait, J.R., 1970, Electromagnetic waves in stratified media. Pergamon Press, MacMillan, Nueva York (2nd Edition).

MONITOREO DE ^{222}Rn EN LA COSTA SUR DE MÉXICO, TRAMO ACAPULCO - PUERTO ESCONDIDO

Faustino Juárez S.¹ y Francisco J. Núñez-Cornú²

¹ Instituto de Geofísica, Ciudad Universitaria, UNAM, 04820, México, D.F.

² LabTOA DRNCUC, Puerto Vallarta, Universidad de Guadalajara
Av. Universidad 203, Del. Ixtapa, Puerto Vallarta, Jal., 48280, México

RESUMEN

El análisis de la emisión de ^{222}Rn en 167 puntos de observación instalados a lo largo de la carretera entre Acapulco y Puerto Escondido plantea la posibilidad de utilizar esta técnica como una herramienta más para estudiar el estado de esfuerzos de la corteza. Para este análisis se utiliza un método de fijación del radón y su cuantificación termoluminiscente. Se presentan los resultados de tres periodos de observación con duración de tres meses cada uno, de estos resultados se observa que la emisión media se mantiene aproximadamente constante para todos los puntos de la línea; sin embargo, se observan variaciones laterales en los valores medios de emisión, particularmente en la región entre Punta Maldonado y el Río Verde, donde la variación es de un orden de magnitud. Otros estudios en la zona confirman que esta anomalía no puede ser imputada a variaciones litológicas o geológicas superficiales sino que está directamente relacionada con el estado de esfuerzos de corteza en esta zona. En esta región, a partir de estudios de refracción sísmica, se propone un adelgazamiento de la corteza debido al levantamiento del Moho bajo la zona de Río Verde-Puerto Escondido; de esta forma la zona anómala de emisión de radón correspondería a la zona de flexión de la placa continental lo que sugiere que este proceso de deformación es activo.

INTRODUCCIÓN

La emanación de un gas proveniente del interior de la tierra siempre llama la atención y aún más cuando este gas es de naturaleza radiactiva. Este es el caso del radón, elemento gaseoso que se genera por el decaimiento de las series radiactivas naturales, particularmente del uranio contenido en las rocas intrusivas. La migración del radón a la superficie está controlada por dos mecanismos: la difusión que es función de la concentración, la porosidad del terreno y la distancia a recorrer, y el arrastre debido al movimiento de fluidos terrestres donde se incorpora el radón. En condiciones de alta deformación o compresión de rocas, el radón atrapado en los poros se incorpora a los fluidos terrestres cambiando su concentración. Durante su migración desde el subsuelo hacia la superficie, el radón puede acumularse en cavidades subterráneas como cuevas y minas, o diluirse en aguas subterráneas. Por esta razón, estudios geoquímicos (Santoyo *et al.*, 1991) y geofísicos (Moninn y Seidel, 1992), han utilizado al radón como un trazador radiactivo natural.

La distancia a recorrer por el gas en su camino a la superficie está en función de la vida media de los tres isótopos radiactivos naturales del radón, el ^{219}Rn , el ^{220}Rn y el ^{222}Rn (Seelmana-Eggebert *et al.*, 1982), todos ellos emisores de partículas α . Las vidas medias de estos isótopos y sus energías α se muestran en la Tabla 1. De estos tres, el ^{222}Rn , por tener vida media más larga, es aquel que mayor probabilidad de migrar del subsuelo hacia la superficie terrestre e integrarse a la atmósfera.

Tabla 1. Vidas medias de los isótopos del radón y energías liberadas.

Isótopo	Vida Media	Energía (Mev)
^{219}Rn	3.96 seg	6.819
^{220}Rn	55.6 seg	6.288
^{222}Rn	3.825 días	3.489

En geofísica se utiliza al radón en diversos estudios; tradicionalmente se ha utilizado como herramienta en la prospección de minerales o en la prospección de pozos geotérmicos (Balcázar *et al.*, 1991; Balcázar y González, 1992), así mismo, se ha utilizado como indicador de actividad sísmica (Noguchi and Wakita, 1977, Segovia *et al.*, 1989; Santoyo *et al.*, 1985, 1991) y volcánica (De la Cruz-Reyna *et al.*, 1985). La intención de este estudio es monitorear la emisión de radón en una amplia zona obteniendo los valores de emisión puntual para comparar las cantidades emitidas regionalmente y buscar posibles correlaciones con procesos geológicos y el ambiente tectónico. Otros fenómenos, como los cambios climáticos, pueden identificarse a través de este método. Hasta ahora, generalmente las aplicaciones de radón se han realizado de manera puntual, sin correlacionar variaciones regionales; es decir, se han instalado detectores en campos geotérmicos, volcanes y minas, pero en áreas muy reducidas y, aunque se han registrado variaciones previas a eventos macrosísmicos, o durante procesos eruptivos, no se han reportado estudios de valores medios de emisión y posibles variaciones a nivel regional.

METODOLOGÍA

El MEFIRDET (Método de Fijación de Radón y Detección Termoluminiscente) es el resultado del trabajo realizado para

la detección de ^{222}Rn en minas de arena cerradas (Juárez, 1994), basado en las propiedades físicas y químicas del radón y el conocido efecto de la termoluminiscencia, de donde se desprende el empleo de detectores termoluminiscentes que se describen a continuación.

El mecanismo general para explicar el fenómeno de termoluminiscencia (TL) es el siguiente: al ser irradiado, la estructura de un cristal sufre alteraciones por la ionización. En este proceso se liberan electrones de la red y se generan dos tipos de entes móviles: electrones y agujeros, ambos portadores de carga, que pueden viajar por el cristal hasta quedar atrapados en defectos de la red, generando centros de color (carga oculta). Los electrones y agujeros permanecen atrapados hasta que se proporciona al material energía térmica suficiente para liberarlos, volviéndolos a su estado natural, es decir, al estado anterior a la irradiación. Cuando esto ocurre, se emiten fotones de luz visible al desprenderse el exceso de energía que adquirieron. Si la energía que se proporciona al cristal para que los entes móviles vuelvan a su estado original es térmica, se produce el fenómeno de TL.

DETECTORES TERMOLUMINISCENTES

Los detectores TL son dispositivos fabricados de materiales susceptibles de producir defectos en la estructura del cristal, así como electrones libres y, en el caso de materiales orgánicos, radicales libres.

Los fenómenos antes mencionados son producto de la interacción de radiaciones ionizantes. En el caso concreto del ^{222}Rn se emiten partículas α que provocan los defectos de red en los materiales; dado que el estado excitado de los materiales no es estable, éstos tienden al equilibrio utilizando como catalizador una energía externa, como el calor; al llegar a una temperatura de 350°C se liberan los esfuerzos y se recupera la estructura original. Al liberarse de los esfuerzos se libera la energía en forma lumínica, llamándose a este efecto luminiscencia y al conjunto del efecto termoluminiscencia.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para este trabajo se emplearon detectores TL fabricados con $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Dy} + \text{PTFE}$ (politetrafluoroetileno, teflón) en forma de tabletas de 0.5 cm de diámetro y empacados en un portadosímetro de acrílico con carbón activado.

Debido a que estos detectores son incapaces de discriminar la radiación causada por partículas α de las β y γ , fué necesario encapsular otro detector en forma hermética, evitando la acción de las partículas alfa, pero no las beta y gamma. Ambos detectores se colocaron en cada punto de muestreo, con lo que se corrigió la lectura proveniente del ^{222}Rn .

Para calibrar el sistema se procedió a irradiar algunos detectores con una fuente de ^{238}Pu a intervalos de tiempo y a contacto directo. La emisión de las partículas α de la fuente (A_s) a la geometría utilizada para la irradiación se expresa con la ecuación

$$A_s = \frac{(n - nb)}{e_i w e_s}$$

Fuente :

^{238}Pu ; $t_{1/2} = 87.7$ días

α ; 5.499, 5.456 (Seelmann-Eggebert *et al.*, 1981)

Emisividad: 1 218 α/s

nb = conteo de fondo

n = conteo = 1 218 α/s

e_s = factor = 0.25

e_i = eficiencia de la fuente = 1

w = área de la ventana del emisor $\alpha = 1$

Con los datos anteriores se procedió a irradiar los detectores, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 2 y con ellos se hizo una gráfica de calibración.

Tabla 2. Datos para curva de calibración con fuente de ^{238}Pu y detectores de $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Dy} + \text{PTFE}$.

Tiempo de Irradiación	NC x 10	Bq	IL
1.5	1.96	4.3848	117.5
3.0	2.38	8.7696	138.5
4.0	4.20	11.6928	277.5
7.0	6.40	20.4624	317.5

Como se apuntó anteriormente, la irradiación se hizo a contacto directo, por lo que $e_i = w = 1$, esto es que la ventana del irradiador coincide con el diámetro del detector, mientras que el conteo de fondo fué de 122 α/s y el conteo total de 1218 α/s . Por lo tanto, al sustituir en la ecuación, se tiene

$$A_s = 1\,218 / 0.25 = 4\,872 \alpha/\text{s}$$

El análisis de los detectores TL se realizó utilizando un equipo TELMA-PTC30. Este equipo utiliza planchetas de calentamiento intercambiables que van montadas en el cajón de muestra; sobre estas planchetas se colocan los TL. La temperatura de la plancheta se controla haciendo un precalentamiento rápido (de 27° a 300°C), llegando a un máximo de 350°C . El periodo total de integración se puede seleccionar entre 0 y 200 segundos. La señal TL se mide por la integral bajo el pico TL representada por la carga total liberada por el Tiempo de Factor Medio durante el ciclo de lectura. Esta medición se realiza a través de un contador digital de 4 décadas con cambiador automático de escala.

El trabajo experimental presenta dificultades en la colocación de los detectores, ya que es difícil lograr la repetición exacta de la geometría, por las condiciones propias del terreno. El error estimado es del 2%. Es necesario mencionar que los detectores aquí empleados no son útiles para ver cambios instantáneos en la emanación de radón ya que son de tipo pasivo y acumulan el total de cuentas por el periodo de exposición. Para obtener datos en espacio-tiempo es necesario emplear detectores activos.

SITIO DE ESTUDIO

Se escogió la región de Oaxaca en la costa meridional de México (Figura 1), por ser una de las más estudiadas desde el punto de vista sísmológico (Núñez-Cornú y Ponce, 1989). Aquí tuvieron lugar los terremotos de 1978 y 1982 (v.g.; Núñez-Cornú *et al.*, 1978; Singh *et al.*, 1980; Chael and Stewart, 1982; Astiz and Kanamori, 1984; Quintanar, 1985). En esta zona se han realizado estudios de la estructura de la corteza (Nava *et al.*, 1988; Núñez-Cornú 1987; Núñez-Cornú *et al.*, 1993; Mena *et al.*, 1995).

Se instalaron 167 puntos de detección, cada uno con tres detectores TL a una profundidad promedio de 80 cm. Los puntos de perforación se colocaron 3 m alejados del acotamiento de la carretera Federal 200 hacia la parte continental. Todas las perforaciones se realizaron en forma manual empleando un perforador de maneral. La distancia entre los puntos de muestreo fue de aproximadamente 5 km a lo largo de la carretera.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se incluyen las gráficas que representan los tres periodos de medición y el promedio de los tres. En estas

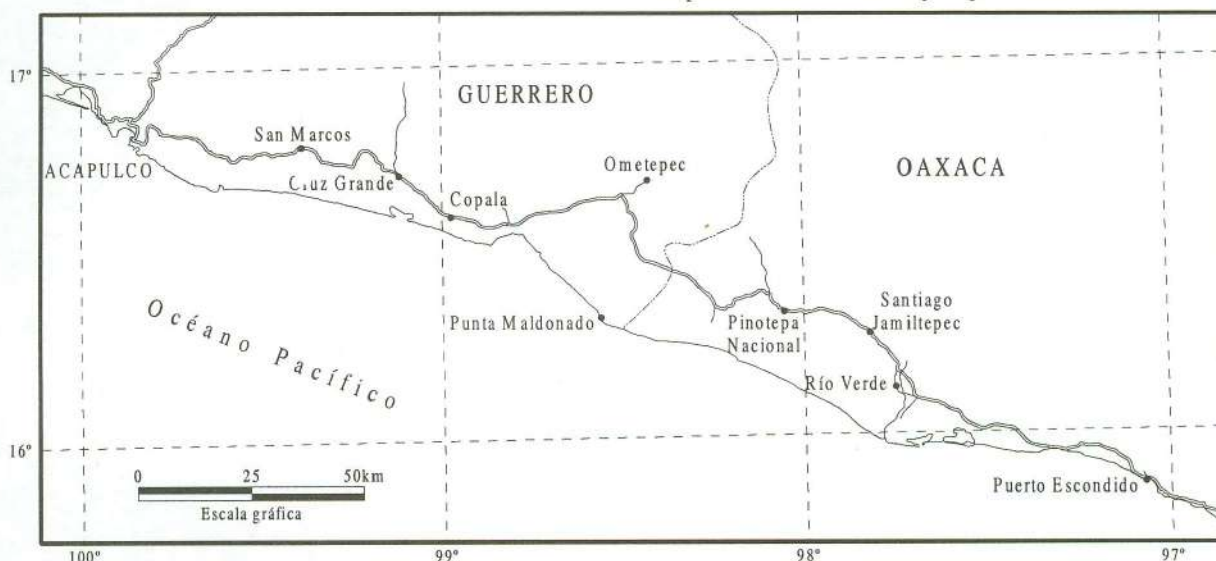


Figura 1. Región de la Costa Sur de México donde se instalaron los detectores de radón.

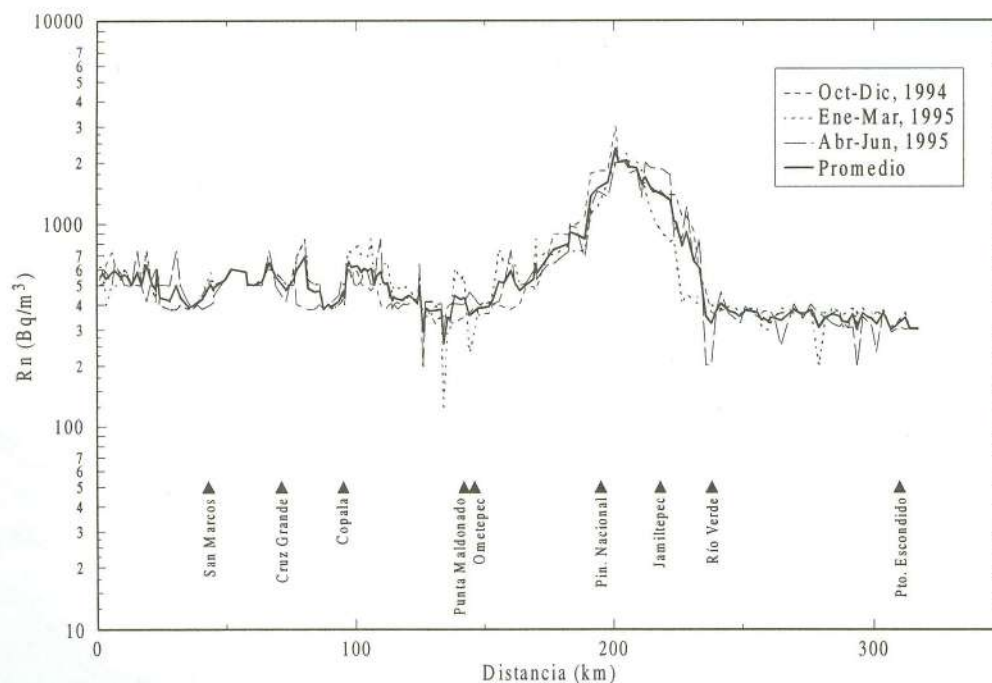


Figura 2. Valores de emisión de radón obtenidos en los tres periodos de observación y su promedio.

gráficas se puede considerar que la emisión de radón es aproximadamente constante sobre estos periodos en cada punto de registro a lo largo de la costa durante los 9 meses. Los 9 meses incluyen parte de la temporada de secas y parte de la de lluvias; no obstante, no se aprecian variaciones puntuales o regionales notables que puedan ser imputadas a cambios climáticos. En general se puede observar una ligera tendencia a disminuir en dirección oeste-este de un valor de 600 Bq/m^3 a 300 Bq/m^3 , con excepción de la zona comprendida entre Punta Maldonado y el Río Verde; de esta manera podemos dividir la curva en tres secciones con las siguientes características: una primera sección desde Acapulco hasta Punta Maldonado con un valor que varía entre 600 Bq/m^3 y 400 Bq/m^3 y una pendiente ligeramente negativa. A partir de Punta Maldonado se incrementa la emisión de ^{222}Rn hasta llegar a un máximo de 3000 Bq/m^3 en la región de Pinotepa Nacional-Jamiltepec, a partir del cual empieza a disminuir, cayendo abruptamente en la zona de Río Verde y estabilizándose posteriormente el valor de emisión de ^{222}Rn hasta llegar a Puerto Escondido, donde se terminan las observaciones.

De esta manera se tiene un valor promedio de $494 \pm 90 \text{ Bq/m}^3$ para el tramo entre Acapulco y Punta Maldonado. La zona anómala entre Punta Maldonado y el Río Verde presenta un máximo (2324 Bq/m^3) asemejando una curva gaussiana. Finalmente, en la sección Río Verde a Puerto Escondido se observó un valor promedio de $342 \pm 25 \text{ Bq/m}^3$ entre Río Verde y Puerto Escondido. Aunque se observan pequeñas fluctuaciones, la media obtenida para el periodo completo a lo largo de todo el perfil es bastante representativa, ya que no muestra variaciones considerables con respecto a las mediciones trimestrales. Análisis recientes de contenidos de uranio, torio y potasio en el Batolito de Río Verde [Pinotepa Nacional-Manialtepec] (Urrutia-Fucugauchi *et al.*, 1996) indican que no existen unidades litológicas que expliquen las variaciones laterales tan fuertes en las emisiones de radón observadas. En vista de que este periodo de observación incluyó variaciones estacionales, además de las correcciones ya mencionadas, consideramos que estas razones de emisión están relacionadas con la estructura de la corteza y/o el estado de esfuerzos regional.

En la Figura 3 se representa dibujada parte de la gráfica de emisión de radón correspondiente a las secciones entre Punta Maldonado y Puerto Escondido y un diagrama del modelo de la corteza continental propuesta por Núñez-Cornú *et al.* (1993) para esta sección. En este diagrama se observa que a partir de Punta Maldonado empieza un levantamiento del Moho y un adelgazamiento de la corteza continental, lo que implica una variación lateral en la estructura de la corteza continental, particularmente en la corteza inferior, que se adelgaza hasta llegar a la zona del Río Verde, donde súbitamente se engrosa. En este punto se puede considerar que comienza la parte más delgada de la corteza continental (15 km) hasta unos 15 km al este de Puerto Escondido, donde el Moho empieza a descender y la corteza a engrosar nuevamente. Este levantamiento y adelgazamiento de la corteza continental ha sido atribuido por Núñez-Cornú (1987) a un rompimiento de la placa subducente

(Cocos). Estos bordes del adelgazamiento de la placa continental coinciden con alineaciones NS de epicentros registrados durante los estudios de réplicas de los terremotos de 1978 y 1982 (Núñez-Cornú, 1987). Por otra parte, Córdoba *et al.* (1993) reportan una estructura homogénea de la corteza continental a lo largo de la costa desde Coyuca, Guerrero hasta Punta Maldonado con un espesor aproximado de 25 km.

En conclusión, se pueden establecer las siguientes correlaciones: las partes planas de la curva de emisión de ^{222}Rn corresponden a las secciones entre Acapulco y Punta Maldonado, y Río Verde y Puerto Escondido, donde la corteza continental es más homogénea y plana; la diferencia en los valores medios puede deberse al grosor o a la composición de la corteza. La zona anómala entre Pinotepa Nacional y el Río Verde se ubica encima de la zona de adelgazamiento de la corteza continental superior y el levantamiento del Moho, que debe ser una zona sujeta a grandes esfuerzos debido a la flexión de la placa continental, por lo que es mayor la emisión de radón. Lo anterior sugiere que el proceso de deformación es activo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos las atinadas revisiones de E. Santoyo y otro árbitro anónimo. Expresamos las gracias también a Victor M. Frías Camacho por su apoyo en la edición de las figuras.

REFERENCIAS

- Astiz, L. and Kanamori, H., 1984, An earthquake doublet in Ometepec, Guerrero, Mexico. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, V. 34, 24-45.
- Balcázar, M., Santoyo, E., González, E., and González D., 1991, Radon measurements in heat-producing geothermal wells. *Nuclear Tracks Radiation Measurements*, V. 19, 283-287.
- Balcázar, M. y González, E., 1992, El radón como guía de exploración geotérmica: caso del campo geotérmico de Chipilapa, El Salvador C.A. Actas de la Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL-Linares Número Especial, Segundo Congreso Nacional de Geoquímica, p. 133-136.
- Chael, E.P. and Stewart, G.S., 1982, Recent large earthquakes along the middle american trench and their implications for the subduction process. *Journal of Geophysical Research*, V. 87, B1 329-338.
- Córdoba, D., González, A., Núñez-Cornú, F., Nava, F., González, L., Blanco, M.J., Pous, J., Graniel, J., Yamamoto, J., Mota, R., Castellanos, G. and Sánchez, C., 1993, Structure of the Coast Along the Coast of Guerrero Mexico. *Seismological Research Letters*, V. 64, No. 1, p. 40.
- De la Cruz, S., Mena, M., Segovia, N., Chalot, J.F., Seidel, J.L. and Monin, M., 1985, Radon emanometry in soil gases and activity in ashes from El Chichon volcano. *PaGeoph.* V. 123, 407-421.

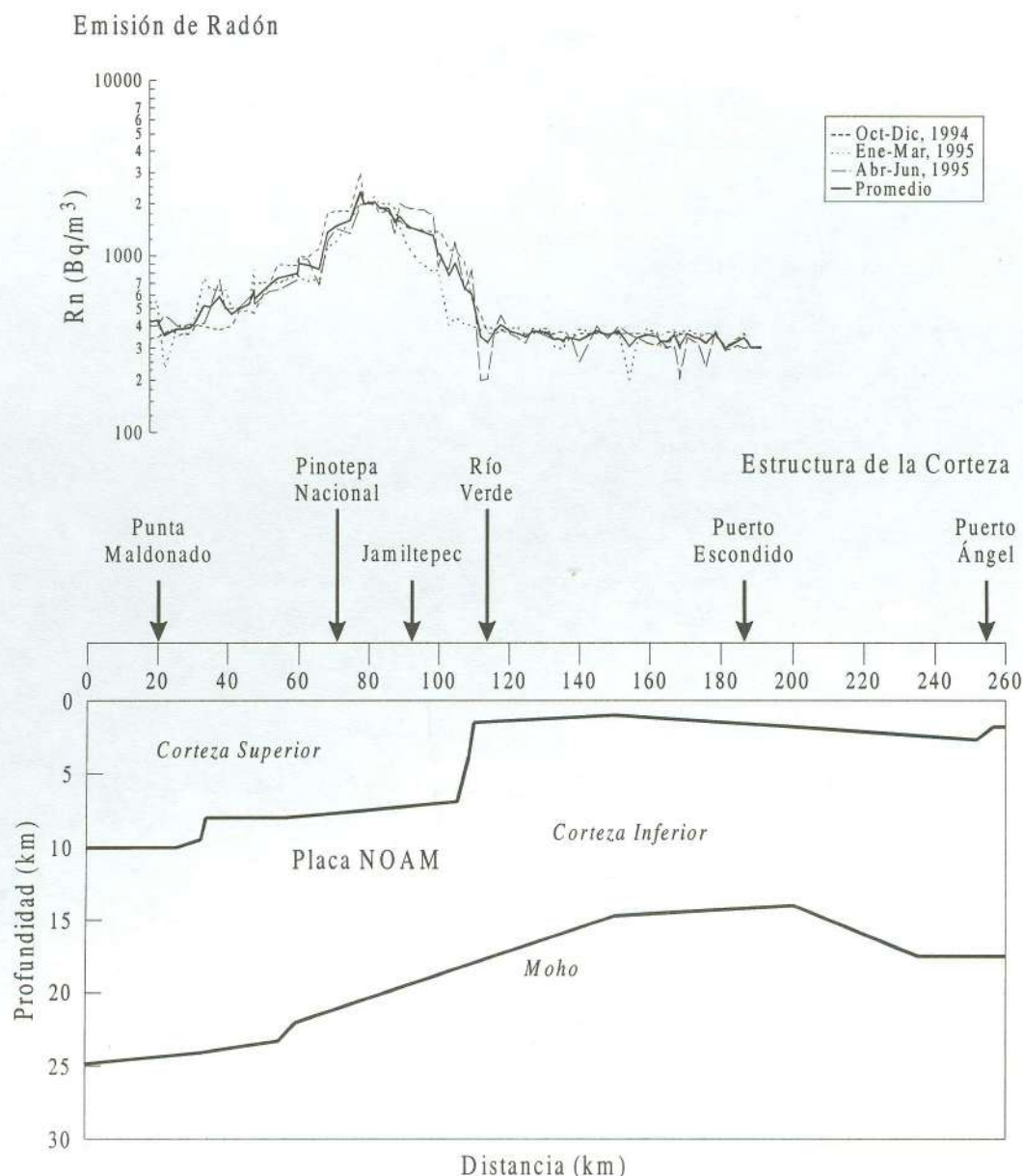


Figura 2. Diagrama de la estructura de la corteza continental en la Costa de Oaxaca propuesto por Núñez-Cornú et al. (1993) correlacionado con la sección de la curva de emisión de radón para el tramo Punta Maldonado Puerto Escondido.

- Juárez Sánchez, F., 1994, Detección de radón en suelo, aire y agua, mediante diferentes métodos y su aplicación en estudios Geofísicos, Tesis de Maestría en Ciencias Nucleares, Facultad de Química, UNAM (inédita).
- Mena, M., De la Fuente, M., Morán, D., Espíndola, J.M., Núñez-Cornú, F. y Medina, F., 1995, Anomalías gravimétricas y espesor de la corteza en la región de Oaxaca, México, *Geofísica Internacional*, V. 34, 79-91.
- Monnin, M. and Seidel, J.L., 1992, Radon in soil-air and groundwater related to major geophysical events: A survey. *Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res.*, A314, 316-330.
- Noguchi, M. and Wakita, H., 1977, A method for continuous measurement of Radon in ground water for earthquake prediction. *Journal of Geophysical Research*, V. 82-8, 1353-1357.
- Nava, F., Núñez-Cornú, F., Córdoba, D., Mena, M., Ansoorge, J., González, J., Rodríguez, M., Banda, E., Mueller, S., Udias, A., García-García, M. and Calderón, G., 1988, Structure of the Middle America Trench in Oaxaca, Mexico. *Tectonophysics*, V. 154, 241-251.
- Núñez-Cornú, F., Córdoba, D. and Nava, F.A., 1993, P-wave velocity structure of the coast of Oaxaca, Mexico, *Seismological Research Letters*, V. 64-1, 40.
- Núñez-Cornú, F., Ponce, L., McNally, K. and Quintanar, L., 1978, Oaxaca, México, earthquake of November 28, 1978: A preliminary report on seismic activity for period 20 January-20 April 1979, *Geofísica Internacional*, V. 17-3, 351-357.
- Núñez-Cornú, F., 1987, Análisis digital de datos de sísmica de gran ángulo. Aplicación a zonas de convergencia océano-continente.

Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, 180 pp.

Núñez-Cornú, F. y Ponce, L., 1989, Zonas sísmicas de Oaxaca, México: Sismos máximos y tiempos de recurrencia para el periodo 1542-1988, *Geofísica Internacional*, V. 28-4, 587-641.

Quintanar, L., 1985, Variaciones espacio-temporales de la sismicidad en la región costera de Oaxaca de 1950 a 1982 ($m_b > 4.3$). Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM (inédita).

Santoyo, E., Verma, S.P., Nieva, D. y Portugal, E., 1985, Medición de radón en Los Azufres, Michoacán y su posible relación con la predicción de temblores. Memorias de la Reunión Anual, Unión Geofísica Mexicana, 282-287.

Santoyo, E., Verma, S.P., Nieva, D. and Portugal, E., 1991, Variability in the gas phase compositions of fluids discharged from Los Azufres geothermal field (Mexico). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, V. 47, 161-181.

Segovia, N., De la Cruz-Reyna, S., Mena, M., Ramos E., Mannin, M. and Seidel, J.L., 1989, *Natural Hazards*, 1, 319.

Seelmann-Eggebert, W., Pfennig, G., Mynzel, H., Klewe-Nebenius H., 1982, Nuklidkarte, Institut für Radiochemie, München, Deutschland, 32.

Singh, S.K., Haskov, J., McNally, K.C., Ponce, L., Hearn, T. and Vasiliou, M., 1980, The Oaxaca, Mexico, earthquake of 29 November, 1978: A preliminary report on aftershocks, *Science*, V. 207, 1211-1213.

SISMOS DE $M > 6$ EN EL VALLE DE MEXICALI-IMPERIAL, GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ESTRUCTURAS ASOCIADAS A LICUEFACCIÓN

Francisco Suárez Vidal

Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., 22860, México
E-mail: fsuarez@cicese.mx

RESUMEN

En un terreno sedimentario no consolidado y sujeto a movimiento generado por temblores de magnitud > 5 , se pueden producir cambios en su estado físico mediante procesos de licuefacción. Los esfuerzos de cizalla asociados al temblor inducen la licuefacción en los sedimentos no consolidados, que pasan de un estado sólido, poroso y saturado con agua a un estado licuado, que resulta del incremento en la presión de poro. Este proceso se manifiesta en la superficie mediante la formación de volcanes de arena, fracturas y grietas.

En los últimos 58 años se han registrado tres sismos de $M > 6$ en el Valle de Mexicali-Imperial, que alcanzaron intensidades de VII a IX en la escala de Mercalli. Estos ocurrieron los días 18 de mayo de 1940, 15 de octubre de 1979 y 8 junio de 1980. Los dos primeros están asociados a la Falla Imperial y el tercero a la de Cerro Prieto y en los tres casos, se observó que los sismos generaron licuefacción. Los temblores de 1940 y 1980 produjeron daños mayores en estructuras civiles en la ciudad y campo, mientras que el evento de 1979, sólo generó rupturas superficiales y daños menores en el trazo de la Falla Imperial. Esta diferencia está relacionada con la distribución y la naturaleza de los sedimentos en la región, especialmente con su grado de saturación y con los valores de aceleración y velocidades de cada sismo.

Como resultado del reconocimiento hecho en el Valle de Mexicali-Imperial después de la ocurrencia de los sismos de Imperial (1979) y de Victoria (1980), se concluye que el proceso de licuefacción en el Valle Mexicali-Imperial se puede generar por sismos de magnitud y aceleraciones por lo menos equivalentes a las registradas durante el temblor de Imperial de $M=6.6$. Aunque las estructuras asociadas con la licuefacción se presentan en todo el valle, la distribución de volcanes de arena depende del tipo de sedimentos y de su nivel de saturación.

INTRODUCCIÓN

El Valle de Mexicali-Imperial se localiza en la provincia tectónica de Salton, dentro del sistema de fallas San Andrés-Golfo de California, que define la frontera entre las placas Norteamérica y Pacífico (Figura 1). En la región del Valle de Mexicali-Imperial se localizan áreas que por sus alto flujo de calor, su intensa deformación geodésica e intensa actividad sísmica, han sido clasificadas como centros de dispersión (Lomnitz *et al.*, 1970; Elders *et al.*, 1972). Los centros de dispersión de la región del Valle de Mexicali-Imperial son, el de Brawley al Norte de la línea internacional México-Estados Unidos, y el de Cerro Prieto, en la parte sur del Valle de Mexicali. Este último está delimitado al oriente por la Falla Imperial y al occidente por la Falla Cerro Prieto. Ambas son activas con un movimiento relativo lateral derecho (Barnard, 1968; Lomnitz *et al.*, 1970; González-García, 1986) (Figura 2).

Los sismos de mayor magnitud registrados en la región son los de los días 18 de Mayo de 1940 y el 15 de octubre de 1979, con magnitudes de $M = 7.1$ y 6.6 , respectivamente. Los epicentros se localizaron a escasos kilómetros al sur y norte de la línea fronteriza internacional entre Baja California y California, ambos asociados a la Falla Imperial (Chávez *et al.*,

1982; González-García, 1990 a y b). El 8 de Junio de 1980 ocurrió otro temblor de $M=6.1$ en la región del Valle de Mexicali, cerca del Ejido Victoria, generado por la Falla Cerro Prieto (Frez, 1982; Frez y González, 1989 y 1991; Wong *et al.*, 1997), (Figura 2). Además, se han registrado muchos otros sismos de $M < 5$ que, para los fines del presente trabajo, no son relevantes.

Los tres sismos anteriores tienen una separación epicentral entre 20 y 30 km. Los tres generaron aceleraciones y velocidades del terreno que ocasionaron daños materiales; así mismo, generaron fracturas y "volcanes de arena" inducidos por el fenómeno de licuefacción en los estratos arcillo-arenosos no consolidados y de distribución amplia en el Valle Mexicali-Imperial.

Debido a que los tres sismos ocurrieron en la misma región estructural y sedimentaria podía esperarse que la respuesta del terreno a una perturbación generada por temblores de magnitud similar fuera también parecida. Sin embargo, en los tres casos la respuesta del terreno fue diferente, según se manifestó tanto en la cantidad y distribución de volcanes de arena, fracturas y grietas debidas a licuefacción durante y después de la ocurrencia de los tres sismos, como en los daños en las estructuras civiles.

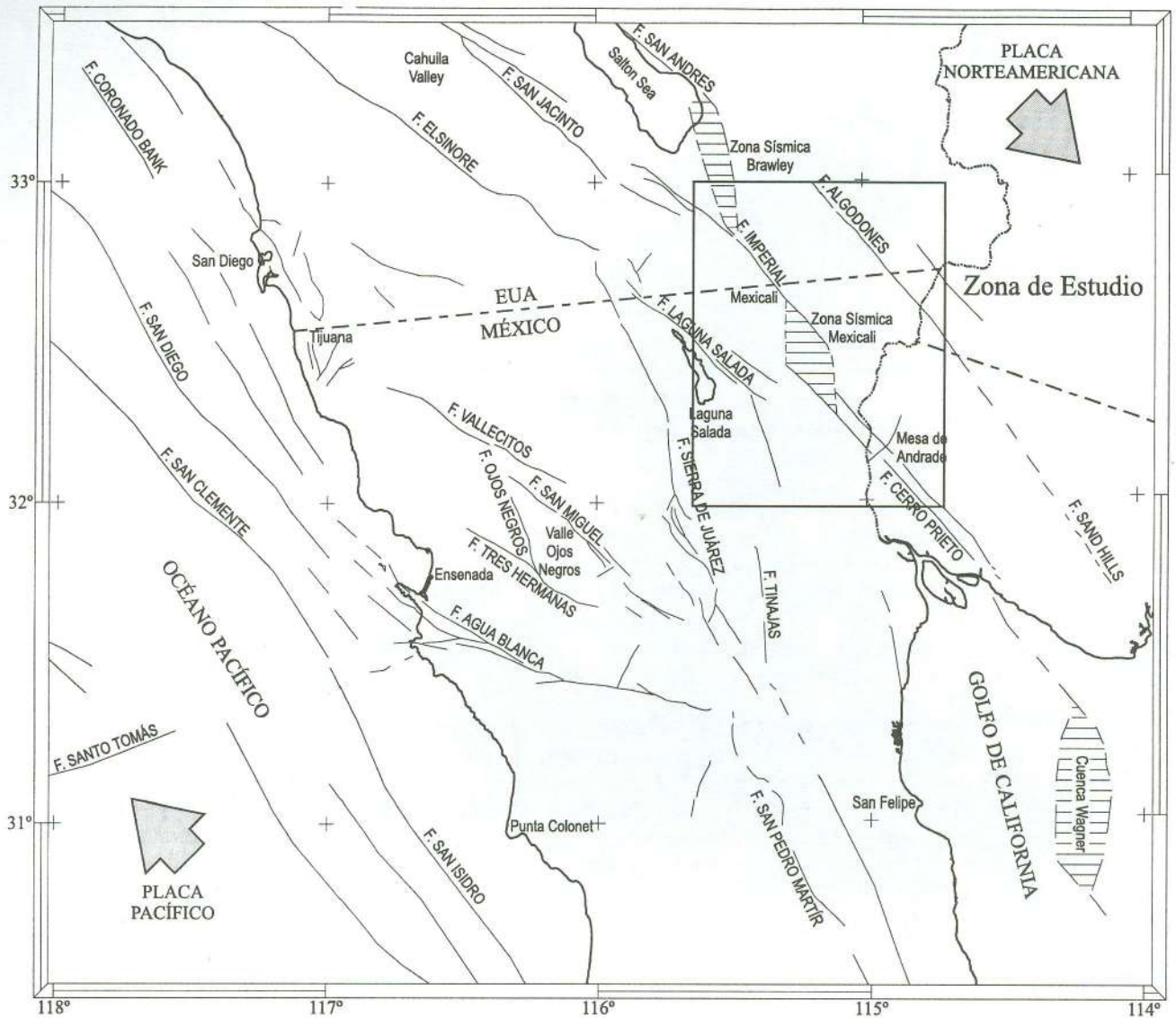


Figura 1. Marco tectónico en la región de la Provincia de Salton, y distribución de las principales fallas activas en Baja California, asociadas al sistema San Andrés-Golfo de California. (tomado de Frez y Frías-Camacho, 1998).

La historia sísmica de la región del Valle de Mexical-Imperial no se conoce con precisión, pues el período documentado es muy corto, con un registro histórico desde 1850 y con datos registrados por sismógrafos desde los años 1930. La posible serie de tiempo que se puede generar para estimar los periodos de recurrencia para temblores de $M > 5$ es muy corta, por lo que es necesario apoyarse en información y evidencias geológicas grabadas en la columna estratigráfica que permitan identificar y determinar eventos sísmicos de magnitud mayor y sus intervalos de recurrencia. Dentro de estas evidencias están las estructuras producidas por licuefacción, que parecen ser inducidas por temblores de $M > 5$, capaces de generar aceleraciones del terreno que provoquen velocidades lo suficientemente altas para modificar la presión de poro en los sedimentos superficiales y saturados. Aunque es posible utilizar estas estructuras como indicadores de actividad sísmica, el proceso que las forma no siempre es claro, porque los parámetros físicos que las producen no siempre se conocen.

PROCESO DE LICUEFACCIÓN

La licuefacción generada por actividad sísmica es el producto del movimiento de los estratos superficiales, conocido como sacudida cíclica. Ésta se relaciona con la amplitud del esfuerzo de cizalla y también con las veces que el movimiento afecta al estrato licuable (Seed, 1979b). Además de la aceleración máxima y de la duración del movimiento del terreno, que generalmente están relacionados con la magnitud del temblor, la relación arena-arcilla, la porosidad, la permeabilidad y el grado de saturación de los sedimentos, juegan un papel importante e influyen en la generación del proceso de licuefacción.

En condiciones normales, al aplicar un esfuerzo sobre una pila de sedimentos, se produce esfuerzo de cizalla que provoca el incremento de la presión de poro en el material no consolidado y saturado. Si el movimiento es continuo, se produce una

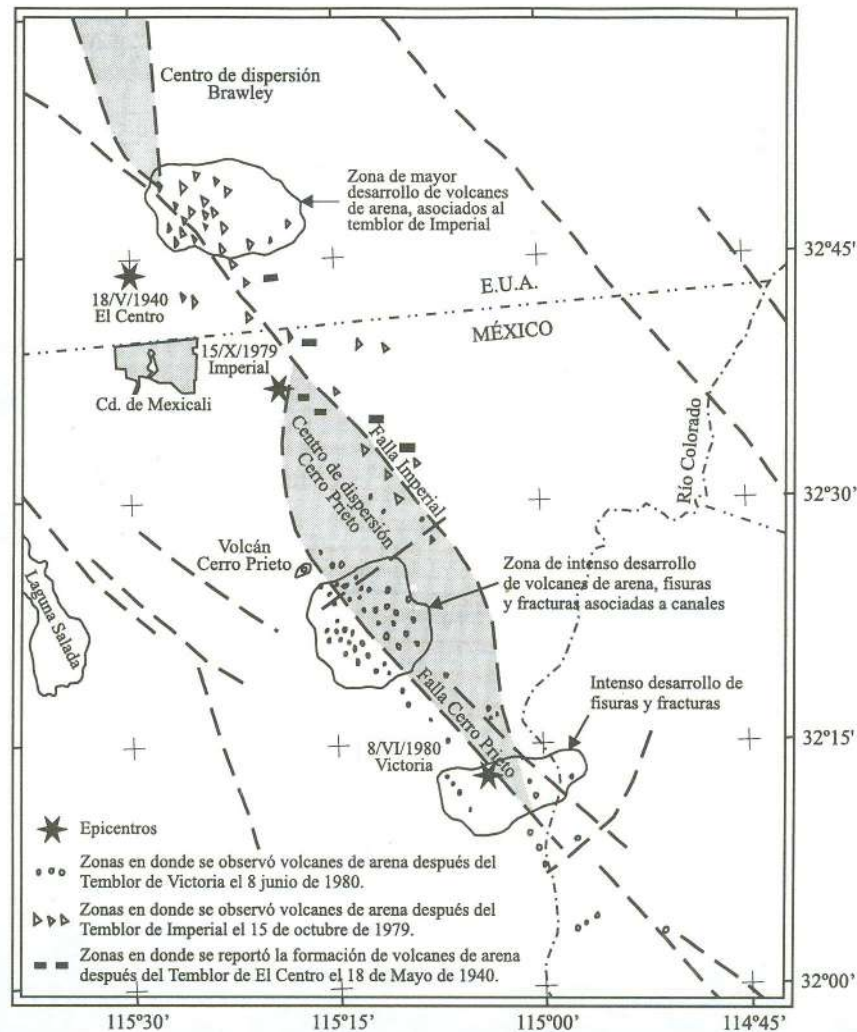


Figura 2. Marco estructural del Valle Mexicali-Imperial con la localización de los temblores con $M > 6$ en el presente siglo y las zonas donde se observó la formación de e 'ructuras por licuefacción.

deformación en la parte más superficial de la columna sedimentaria, (que resulta del flujo de los fluidos contenidos en los poros), al generarse una mezcla fluida que reduce la cohesión de los sedimentos consolidados. Es importante señalar que el proceso no genera cambio en el volumen, sólo en el estado físico.

Durante la ocurrencia de un temblor, la licuefacción del terreno ocurre, generalmente, en los 10 m más superficiales de la columna de sedimentos saturados de agua, debido a que, con la profundidad, la presión litostática aumenta y por lo mismo se incrementa la resistencia del sedimento a ser deformado. La licuefacción se genera al iniciarse el movimiento del terreno inducido por la aceleración y por el efecto del esfuerzo de cizalla sobre el sedimento saturado. Normalmente, cuando el sedimento y el agua forman una mezcla producida por un movimiento sísmico, ésta sale a la superficie en forma violenta a través de conductos pre-existentes o bien, por fracturas generadas por un fenómeno similar al de hidrofracturamiento. Como resultado se forman volcanes de arena de grano medio a fino y arcilla, los cuales pueden mantener un flujo de la mezcla agua-sedimento aún días después de haber ocurrido el temblor. La Figura 3 es

un esquema de una sección vertical, en la que se muestran tres zonas (A, B y C) que corresponden a tres diferentes casos de licuefacción. En A, el material licuable fluye a la superficie a través de un solo conducto alimentador. En B, únicamente se desarrollan intrusiones tabulares que no llegan hasta la superficie. En C, existe una capa superficial intemperizada la cual, al momento del temblor, se fractura provocando que se formen bifurcaciones del dique alimentador. Para que se desarrolle cualquiera de los tres casos, es necesario que el esfuerzo cortante, inducido por el temblor se propague a través de la arena generando una deformación de cizalla, que está en función del ángulo γ (Figura 4).

Para que la mezcla de sedimento-agua fluya hacia la superficie es necesario que se mantenga abierto el conducto alimentador, el cual se encuentra debajo del cono o cráter por donde sale el fluido a la superficie, como se observa en la Figura 5. El primer material sólido que sale es arena de grano fino con una cantidad moderada de limo que, en su movimiento ascendente hacia la superficie, incorpora clastos de forma irregular, de las capas que sobreyacen al estrato licuado (Figura

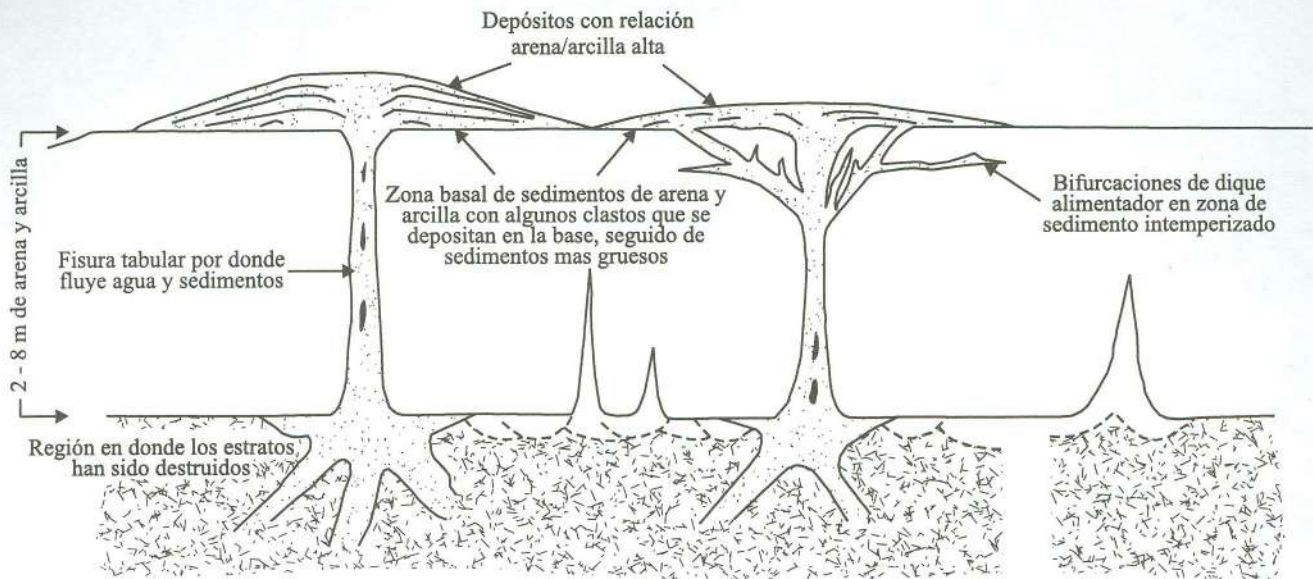


Figura 3. Perfil diagramático que ilustra las diferentes zonas que se desarrollan al formarse un volcán de arena por el proceso de licuefacción. (Obermeier, 1996).

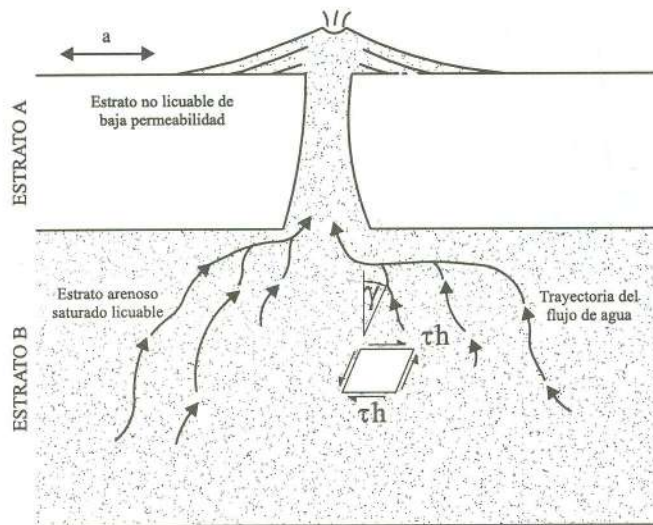


Figura 4. Diagrama que ilustra como se forma un volcán de arena por el proceso de licuefacción, γ es el ángulo de deformación por cizalla, τ_h = esfuerzo de cizalla inducido por la aceleración horizontal, (modificado de obermeier, 1996).

3). La granulometría de los volcanes de arena es similar a la producida por elutriación, aumentando tanto el tamaño del grano como el contenido de clastos en las capas superiores del volcán, y disminuyendo la cantidad de arcilla.

Otras estructuras que se asocian al fenómeno de licuefacción son los diques y sills de arena (Figura 3), que al igual que la formación de grietas y fracturas tienden a desarrollarse en las capas más superficiales. Además de los estratos licuables, la formación de grietas y fracturas requiere que la presión litostática disminuya, lo cual se logra al remover material al hacer excavaciones, como en los canales de irrigación. Al combinarse el movimiento del terreno por un temblor, con la



Figura 5. Volcán de arena formado durante el temblor de Victoria 8 de junio de 1980 en el Valle de Mexicali. Obsérvese la estratificación en el cráter y el agua saliendo a través del conducto alimentador.

disminución de la presión y la presencia estratos licuables, se generan fracturas que generalmente se distribuyen paralelamente a la excavación (Figura 6).

MARCO ESTRUCTURAL DEL VALLE DE MEXICALI-IMPERIAL

El marco estructural del Valle de Mexicali-Imperial lo conforman un grupo de fallas activas asociadas al sistema transforme San Andrés-Golfo de California, de las cuales tres

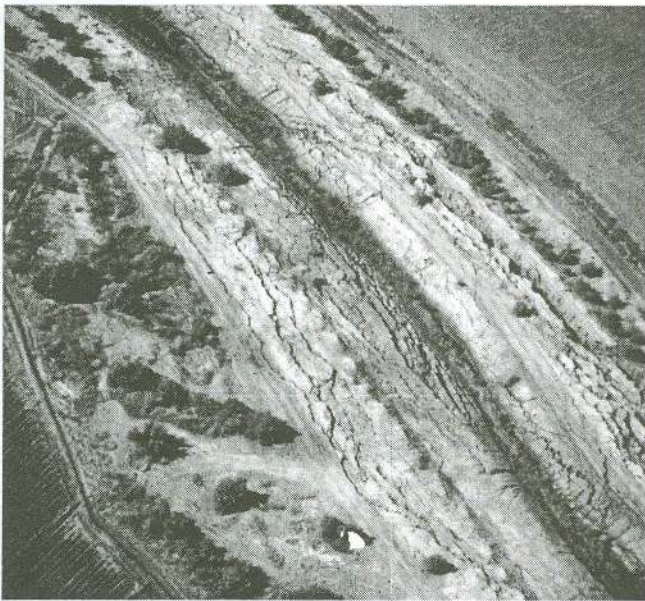


Figura 6. Fracturamiento producido por el temblor de Victoria 8 de junio de 1980, paralelo a un canal de irrigación en el Valle de Mexicali, fotografía aérea.

de ellas delimitan a los grabenes, Cerro Prieto y Brawley (Figura 2). Los temblores analizados en este trabajo se asocian a las Fallas Imperial y Cerro Prieto, que delimitan al graben de Cerro Prieto.

La Falla Imperial es una estructura de rumbo, con un movimiento lateral derecho que delimita el sector oriental del graben o centro de dispersión Cerro Prieto, en donde se ubica el campo geotérmico del mismo nombre. La Falla Imperial tiene un rumbo de N42W, con un echado sensiblemente vertical y una longitud de 75 km, desde aproximadamente 3 km al sur de la ciudad de Brawley, California, hasta unos 16 km al oriente del Volcán Cerro Prieto, en el Valle de Mexicali (Figura 2). La Falla Cerro Prieto es paralela y estructuralmente similar a la Falla Imperial, delimita la margen occidental del centro de dispersión de Cerro Prieto y se extiende por más de 80 km, internándose en el Golfo de California hasta la Cuenca de Wagner. El trazo de la falla es visible únicamente en su sector sur, desde el sitio conocido como Mesa de Andrade hasta el occidente del Golfo de Santa Clara (Figura 1). Hacia el norte, su trazo ha sido inferido a través de la distribución de epicentros, así como por información geofísica (gravimetría, magnetometría, sísmica de reflexión y refracción) y estratigráfica obtenida de la perforación de pozos en el campo geotérmico Cerro Prieto. A esta falla se le asocia un temblor de $M=7.1$ que ocurrió el 31 de Diciembre de 1934 (Barnard, 1968).

SISMOS MAYORES Y LICUEFACCIÓN EN EL VALLE DE MEXICALI

Por su ubicación dentro del contexto tectónico, el Valle de Mexicali se caracteriza por su alto nivel de sismicidad, con magnitudes que van desde microsismos hasta sismos de

magnitud 7 ó inclusive mayores. Se sabe de la ocurrencia de eventos con magnitud cercana a 8, como el temblor de 1892, con epicentro ubicado en la vecindad de la Sierra de Cucapá (Strand, 1980; Mueller y Rockwell, 1991). Otros sismos históricos importantes han ocurrido en 1875 ($M = 6.5$) y en 1906 ($M = 5.7$) (Anderson y Bodin, 1987); (Se desconoce la ubicación epicentral de ambos).

A partir de 1932, con la instalación de la red simológica del Sur de California se tiene un mejor control sobre la localización de los sismos que ocurren en el sur de California y norte de Baja California. Desde entonces, en la región Mexicali-Imperial han ocurrido tres eventos de magnitud mayor a 6, según descripción de Ulrich (1941), Sylvester (1979), González-García J. (1990 b); Wong et al. (1997). Los temblores de El Centro y de Imperial se asocian a la Falla Imperial, mientras que el sismo de Victoria fue producido por la Falla Cerro Prieto (Figura 2). Ambas fallas son generadoras de una microsismicidad muy alta, (Frez y Frías-Camacho, 1998) así como de temblores de magnitudes entre 4 y 5 que no han producido licuefacción o daño material en la región.

De acuerdo con lo observado en el valle de Mexicali-Imperial, los procesos de licuefacción fueron similares a los descritos en el caso A de la Figura 3, documentándose durante y después de los sismos de El Centro, Imperial y Victoria, la estructura y granulometría típica de los volcanes de arena. Asociada al mismo proceso se observó la formación de fracturas y grietas que, en la mayoría de los casos, se presentan y distribuyen en forma paralela a canales de irrigación o drenes construidos en la zona agrícola (Figuras 6 y 7). Conjuntamente con las fracturas se generaron estructuras sedimentarias del tipo de volcanes de arena, los que se presentan en casi toda la zona agrícola del valle (Figuras 8 y 9).

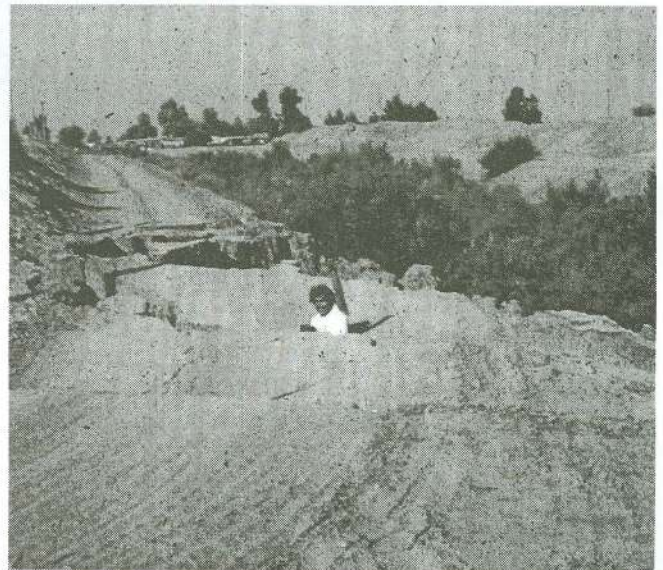


Figura 7. Conjunto de fracturas producidas por el temblor de Imperial 15 de octubre de 1979, asociada a un canal de irrigación, observese que la profundidad de las fracturas es somera.



Figura 8. Volcán de arena producido por el temblor de Victoria del 8 de junio de 1980 en un campo de cultivo de algodón en el Valle de Mexicali.



Figura 9. Conjunto de volcanes de arena generados por licuefacción durante el temblor de Victoria del 8 de junio de 1980 en la zona del campo geotérmico de Cerro Prieto.

La distribución de los volcanes de arena producidos por los temblores de mayo de 1940, octubre de 1979, y el de junio de 1980, no sigue un mismo patrón. La información existente, permite inferir que hubo más licuefacción en el temblor de 1940, que en 1979 (Youd, y Wiecezorek, 1982; Muir y Scott, 1982). La diferencia en la generación de los volcanes de arena entre los dos temblores es significativa, tanto en cantidad como en su distribución, lo cual está relacionado con las velocidades inducidas al terreno, con la distribución de los sedimentos arcillo-arenosos en subsuelo y con el grado de saturación de agua. A lo largo del trazo de la Falla Imperial, la concentración de sedimentos licuables cerca de El Centro es mayor que en el Valle de Mexicali (Youd y Wiecezorek 1982). A pesar de que los tres sismos tuvieron una magnitud mayor que 6 y que sus epicentros se localizan en una cuenca con características estructurales y estratigráficas similares, se observó una marcada diferencia en la cantidad de volcanes de arena, y en el desarrollo de fracturas paralelas a los canales de irrigación y otras en estructuras civiles. No obstante que los valores de las aceleraciones y velocidades de los temblores de 1940 y 1979 son parecidos, esto es, aceleración horizontal = $0.3g$ y velocidades = 35 cm/seg (Brune *et al.*, 1982), la diferencia en abundancia y distribución de los volcanes de arena parece que fue controlada por el grado de saturación de los sedimentos (Youd y Wiecezorek 1982). El temblor de Victoria de 1980, produjo una aceleración horizontal de hasta de $.85 g$ y en el sentido vertical, por momentos excedió a $1g$ (Simons 1982). La máxima velocidad fue de 58 cm/seg . Este movimiento generó volcanes de arena y fracturas en los extremos NE y SW del graben de Cerro Prieto, en cantidades similares al temblor de 1940, lo que hace suponer que las condiciones físicas de los sedimentos son parecidas. De acuerdo con el mismo tipo de observaciones, se infiere que la zona central cercana al trazo de la Falla Imperial está formada por sedimentos distintos. También es significativa la diferencia en daños materiales producida por los tres temblores, siendo mayores los causados por el temblor de 1980 (Suárez *et al.*, 1982; Sharp R., 1982).

Los volcanes de arena generados por el temblor de 1979 se desarrollaron a lo largo de una franja de 2 km de anchura, a ambos lados del trazo de la Falla Imperial. Se reportaron daños leves a distancias de 16 km del epicentro y aislados volcanes de arena a 35 km al noroeste de donde se observaron rupturas superficiales de la Falla Imperial (Muir y Scott, 1982).

Al temblor de Victoria del 8 de junio de 1980, cuyo epicentro se localizó a 45 km al sur del Valle Imperial, se le asocia a la Falla de Cerro Prieto (Figura 2). Produjo una gran cantidad de estructuras de licuefacción, dominando los volcanes de arena. Un aspecto interesante de este sismo es que la falla Cerro Prieto no tuvo manifestaciones superficiales después del temblor. La mayor concentración de volcanes de arena se observó al norte del Ejido Victoria, en la cercanía de la planta geotérmica Cerro Prieto, donde se presentaron hasta 50 volcanes de arena en un área de 10 m^2 (Figura 9) (Suárez *et al.*, 1982). De acuerdo con Cobo (1980), se llegaron a contar hasta 1200 volcanes de arena y un poco más de 350 fracturas en un área de

23 Km² en la vecindad del campo geotérmico Cerro Prieto. Los volcanes de arena se desarrollaron hasta el lugar conocido como Mesa de Andrade, ubicado 40 km al suroeste del epicentro y hacia el norte, en las cercanías del Ejido Michoacán, a 30 km del epicentro (Figura 2). La mayor concentración de estructuras de licuefacción se presentó al norte del epicentro, entre los poblados de Pescaderos y Estación Delta. El fenómeno de licuefacción fue menor hacia el sur del epicentro, como lo indica la densidad de volcanes de arena y fracturas. En la Figura 10 se muestran algunas grietas y fracturas, desarrolladas en la cercanía de pozos productores de vapor del campo geotérmico de Cerro Prieto.

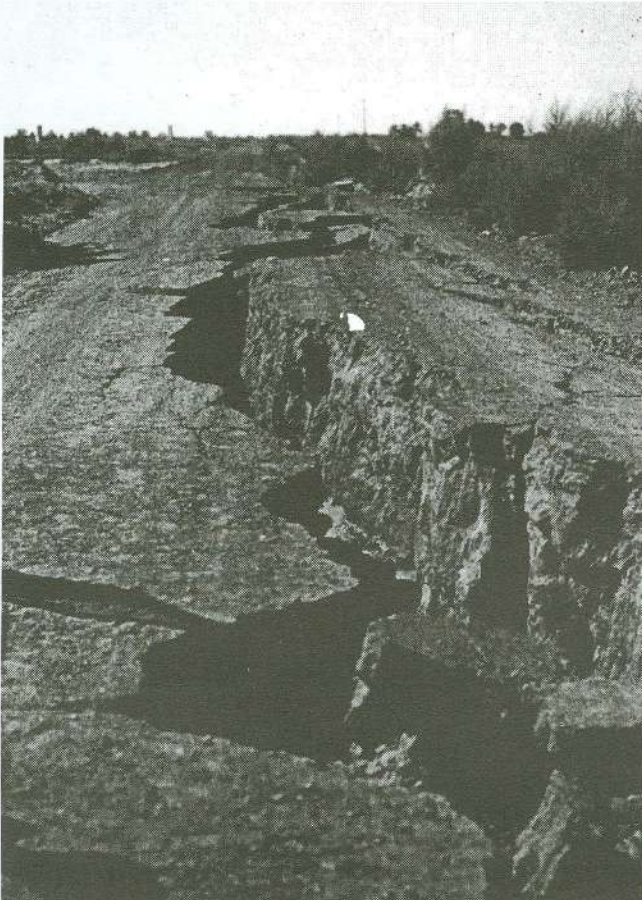


Figura 10. Fracturas generales por el temblor de Victoria del 8 junio de 1980 en la zona de pozos de extracción de vapor, en el campo geotérmico de Cerro Prieto.

En ninguno de los tres sismos estudiados las estructuras generadas por licuefacción se alinean en la dirección de las fallas Imperial y Cerro Prieto. Cobo (1980) identificó tendencias preferentes de fracturamiento hacia NW, NE y E-W. De éstas, los grupos de fracturas orientadas NE y E-W podrían ser de carácter tectónico. Se encontraron evidencias de debilitamiento del terreno en la zona, en donde Cobo (1980), reportó la existencia de grietas y fracturas de origen tectónico, aunque este debilitamiento también puede ser asociado a la extracción cercana de vapor y a la remoción de tierra para la construcción de canales no revestidos.

De acuerdo con la información recopilada, con las observaciones de campo realizadas después de los sismos de 1979 y 1980, se infiere que las dos fallas presentan un comportamiento diferente. Después del temblor de 1940, la Falla Imperial mostró rompimiento superficial de orientación NW-SE, dirigido desde la zona del epicentro al sur de El Centro California, hacia los límites del actual Ejido Tamaulipas (antes Cuapá), en el Valle de Mexicali. En contraste, el temblor de 1979, con localización epicentral en la zona de aeropuerto en el Valle de Mexicali, tuvo una propagación de ruptura de sur a norte. Por su parte, y no obstante que su magnitud fue menor, el temblor de Victoria de 1980, asociado a la Falla Cerro Prieto generó aceleraciones más altas, pero no tuvo manifestaciones superficiales. Lo que es común en los tres sismos es el proceso de licuefacción derivado de las aceleraciones del terreno, aunque fueron diferentes para cada una (Munguía, 1983). Los daños materiales en la región urbana y agrícola de Mexicali-Imperial también fueron diferentes.

CONCLUSIONES

La región que comprende a los valles de Mexicali-Imperial se encuentra en un graben relleno por sedimentos que fueron depositados en un ambiente de delta. Las fallas sismogénicas más importantes son Cerro Prieto e Imperial, que son fallas de rumbo con movimiento relativo lateral derecho de orientación N 40 W y marcan los límites occidental y oriental del centro de dispersión Cerro Prieto.

La zona del Valle de Mexicali-Imperial ha sufrido los efectos de tres temblores de magnitud 6.1, 6.6, y 7.1 en los últimos 55 años. Se sabe de la ocurrencia de otros eventos de mayor magnitud, pero su ubicación epicentral es incierta.

Después de la ocurrencia de los temblores de El Centro en 1940, Imperial en 1979 y Victoria en 1980, según se observó en la región del Mexicali-Imperial, se produjo licuefacción y formación de volcanes de arena, así como fracturas y grietas en las zonas donde el terreno ha sufrido debilitamiento por la construcción de obras civiles. El fracturamiento desarrollado tiende a ser paralelo a los canales de irrigación, mientras que la distribución de los volcanes de arena es aleatoria y parece estar en función directa de la profundidad del nivel freático, de la distribución y tipo de sedimentos y de su grado de saturación.

Las estructuras asociadas al proceso de licuefacción fueron más abundantes en los temblores de 1940 y 1980 que en el de 1979. Esto parece relacionarse con las aceleraciones y velocidades inducidas por los sismos, que fueron más altas para los temblores de 1940 y 1980, mientras que para el de 1979, los valores fueron ligeramente mayores a la mínima requerida para producir licuefacción. Así, al parecer, la magnitud mínima necesaria para que haya licuefacción es $M > 5$, magnitud capaz de inducir aceleraciones verticales y horizontales de 1.5 g y 0.6 g, respectivamente.

Para la región del Valle de Mexicali-Imperial se estima que los temblores de magnitud igual o mayor a 6, que generen aceleraciones del terreno mayores a 1 g en el sentido vertical, de 0.3 g en el horizontal y velocidades mayores a 34 cm/s, son potencialmente capaces de romper el equilibrio en los sedimentos someros y producir fluidización.

Finalmente, en la región del Valle de Mexicali-Imperial se conjugan dos aspectos que deben considerarse para efectos de edificación y desarrollo urbano: a) la incidencia de sismos cuya magnitud es igual o mayor a 6 y su posible periodo de recurrencia de aproximadamente cada 30 años (Frez y Frías-Camacho, 1998); b) el suelo y subsuelo reúnen las propiedades sedimentológicas y físicas para producir licuefacción inducida por sismos y afectar de forma directa a las obras civiles.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece los arbitrajes y las atinadas sugerencias de Héctor Romero y Luis Delgado. Sus críticas y recomendaciones fueron de gran utilidad para mejorar este trabajo. De igual manera se agradece a Victor M. Frías Camacho todo su apoyo y ayuda en la elaboración del material gráfico y presentación del presente trabajo así como a José de Jesús Mojarro por su ayuda en la preparación del material fotográfico.

REFERENCIAS

- Anderson, J., and Bodin, P., 1987, Earthquake recurrence models and historical seismicity in the Mexicali-Imperial Valley, Bulletin Seismological Society of America, V. 77, 562-578.
- Barnard, F. L., 1968, Structural Geology at the Sierra de los Cucapas, Northeastern Baja California, México and Imperial County, California, PhD Thesis, Dept. of Geology, University of Colorado, 157 pp.
- Brune, N. J., Vernon III, F.L., Simons, R. S., Prince, J., y Mena, E., 1982; Strong-motion data recorded in México during the main shock. En: the Imperial Valley, California, Earthquake of October 15, 1979, United States Geological Survey Professional Paper 1254, p. 319-350.
- Cobo, J. M., 1980, Informe del levantamiento de manantiales y fracturas ocasionadas por el sismo del día 8 de Junio de 1980. Informe, Coordinadora Ejecutiva de Cerro Prieto, Mexicali B.C. Comisión Federal de Electricidad 12 pp.
- Chávez, D., González, J., Reyes, A., Medina, M., Duarte, C., Brune, J.L., Simons, R., Hutton, L.K., German, P.T., and Johnson, C.L., 1982, Main shock location and magnitude determination using combined U.S. and Mexican data: en: The Imperial Valley California Earthquake of October 15, 1979, U.S. Geological Survey, Professional Paper 1254, 51-55.
- Elders, W.A., Rex, W., Meidan, T., Robinson, P.T., and Biehler, S., 1972, Crustal spreading in Southern California, Science, 178, 15-24.
- Frez, J., 1982, Main Shock location and fault mechanism, En: J.G. Anderson and R.J. Simons (editores), The Mexicali Valley Earthquake of 9 June 1980, Earthquake Engineering Research Institute Newsletter, 16, 3, 74-76.
- Frez, J. and Gonzalez, J.J., 1989, Sismicidad y mecanismos focales en el Valle de Mexicali-Imperial, Geofísica Internacional, 28, 643-691.
- Frez, J. and González, J.J., 1991, Crustal structure and seismotectonics of Northern Baja California. En: J.P. Dauphin and B. Simoneit (editores) The Gulf and Peninsular Province of the Californias, America Association of Petroleum Geologists Memoir 47, 261-283.
- Frez C., J. y Frías-Camacho, V.M., 1998, Mapas Anuales de sismicidad para la región fronteriza de ambas Californias, GEOS, Vol. 18, No. 2, pp. 112-130.
- González, García, J.J., 1986, Sismotectónica del Valle de Mexicali 1977-1980, Tesis de Maestría en Ciencias Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, 164 pp.
- González García, J.J., 1990a, La Falla Imperial en el Valle de Mexicali a 50 años del Temblor Imperial, magnitud Richter 7.0 del 18 de Mayo de 1940, Comunicaciones Académicas CICESE, CISIT9003, 37 pp.
- González García, J.J., 1990b, La Falla Imperial en el Valle de Mexicali, Ingeniería Sísmica, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, No. 40, 35-46.
- Lomnitz, C., Mooser, F., Allen, C.R., Brune, J.N., and Thatcher, W., 1970, Seismicity and tectonics of the Northern Gulf of California region, México, preliminary results, Geofísica Internacional, 10, 37-48.
- Muir, S.G. and Scott, R.F., 1982, Earthquake-generated sand blows formed during the main shock. En: The Imperial Valley California Earthquake of October 15 1979. U.S. Geological Survey, Professional Paper 1254, 247-250.
- Muller, K.J. and Rockwell, T.K., 1991, Late Quaternary structural evolution of the Western margin of the Sierra Cucapa, Northern Baja California. En: J.Paul Dauphin and Bernd R.T. Simoneit (editores), The Gulf and Peninsular Province of the California, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47, 249-260.
- Munguía-Orozco, L., 1983, Strong ground Motion and source mechanism studies in the Northern Baja California- Southern California region. PhD Thesis in Earth Science, University of California San Diego, 152pp.
- Seed, H.B., 1979b, Soil liquefaction and cyclic mobility for level ground during earthquakes, Journal of Geotechnical Engineering, American Society of Civil Engineering, 105, 201-255.
- Sharp, R.V., 1982, Surface rupture observed at the Ejido Saltillo Baja California, after the Mexicali Earthquake of 9 June 1980. En J.G. Anderson and R.S. Simons (editores), The Mexicali Valley Earthquake of 9 June 1980, Earthquake Engineering Research Institute, Newsletter, 16, 94-98.

- Strand, C.L., 1980, Pre-1900 earthquakes of Baja California and San Diego County, M. Sc Thesis, Geology Dept. San Diego State University, 320 pp.
- Simons, R. 1982 The strong motion record from station Victoria. En J.G. Anderson and R.S. Simons editores, The Mexicali Valley Earthquake of 9 June 1980, Earthquake Engineering Research Institute, Newsletter, 16, No.3, p 79-83
- Suárez, F., Sieh, K.E. and Elders, W.E., 1982, A review of geological effects and damage distribution of the June 9, 1980, Mexicali Valley Earthquake. En J.G., Anderson and R.S. Simons (editores), The Mexicali Valley Earthquake of 9 June 1980, Earthquake Engineering Research Institute Newsletter, 16, 99-105.
- Sylvester, A.G., 1979, Earthquake damage in Imperial Valley California, May 18, 1940 as reported by T.A. Clark, Bulletin of the Seismological Society of America, 69, 547-568.
- Ulrich, F.P., 1941, The Imperial Valley Earthquake of 1940, Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 31, No. 1, 13-31.
- Wong, V., Frez, J. and Suárez, F. 1997, The Victoria, México, Earthquake of June 9, 1980, Geofísica Internacional, 36, 139-159.
- Youd, T.L. and Wiczorek, G.F., 1982, Liquefaction and secondary ground failure. En: The Imperial Valley California Earthquake of October 15, 1979, U.S. Geoplogical Survey Professional Paper 1254, 223-246.

LA FRECUENCIA DE DÍAS CON NORTES FUERTES Y SU ASOCIACIÓN CON ENSO EN EL PUERTO DE VERACRUZ, MÉXICO

Domitilo Pereyra Díaz y Leonorilda Gómez Romero
Especialidad en Climatología, Universidad Veracruzana.
Apartado Postal No. 136, Xalapa, Ver., México, C.P. 91000
E-mail: pereyra@dino.coacade.uv.mx

RESUMEN

En este estudio se muestra el efecto de El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) en la frecuencia anual de días con vientos fuertes del norte que azotan al puerto de Veracruz, México. Se comparó en forma gráfica y estadística el número de días con vientos fuertes del norte, mayores o iguales a 20 m/s, con los años de El Niño con intensidad fuerte para el período 1955-1989. En el primer caso se graficaron las anomalías anuales de los días con nortes fuertes, normalizados a sus valores máximos, con los años de El Niño, observándose una disminución del 20.8% en el número de días con nortes fuertes cuando se presenta ENSO. Para verificar lo anterior se aplicó la prueba de comparación de varianzas de Fisher, la cual mostró que la disminución anual promedio de los días con nortes fuertes, es significativa al 5%. Cabe mencionar que el evento ENSO en sus categorías moderada, débil y muy débil no mostó influencia alguna en el análisis presentado anteriormente.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el interés por conocer el efecto que ciertos fenómenos meteorológicos puede tener sobre la vida del hombre y su entorno biológico, social y económico ha ido en aumento. Es así como se han llevado a cabo numerosos estudios en los cuales se ha tratado de relacionar un determinado fenómeno con situaciones que van desde el impacto en la salud hasta los efectos sobre la economía. Sólo a manera de ejemplo podemos citar trabajos sobre radiación y vientos en lo que a salud se refiere (Fuentes, 1990), la sequía intraestival y su impacto en la ganadería y la agricultura (Reyna y Rebollo, 1985; Reyna y Pérez, 1978).

De esta manera, las investigaciones sobre aspectos meteorológicos van en aumento; tal es el caso de lo referente al evento conocido como El Niño/Oscilación del Sur (ENSO), el cual se ha demostrado que tiene una relación importante con diversos desajustes del sistema climático normal (Ropelewski y Halpert, 1986; Galindo, 1987; Rogers, 1988; Mosiño y Morales, 1988; Cavazos y Hastenrath, 1990; Pereyra et al., 1994). El Niño es un evento que se presenta aperiódicamente, en intervalos de 2 a 7 años y su duración es de 1 a 2 años. Se manifiesta como un sobrecalentamiento de las aguas superficiales del mar, frente a las costas occidentales de América del Sur (De la Lanza y Galindo, 1989). A este evento se le denomina El Niño porque se presenta con gran frecuencia alrededor del 24 de diciembre (Galindo, 1987).

Investigaciones recientes han sido enfocadas hacia el posible efecto de El Niño sobre las variaciones climáticas a escala global. Algunas de estas investigaciones son las siguientes:

Galindo (1987) asoció este fenómeno de interacción océano-atmósfera con fuertes perturbaciones en el régimen de lluvias en los trópicos. Estos efectos son para algunas áreas agrícolas y

terrenos áridos, fuertes sequías e inundaciones, respectivamente. Ropelewski y Halpert (1986) y Rogers (1988) consideran que El Niño induce cambios en la circulación atmosférica extratropical durante el invierno, generando situaciones de tiempo anómalas. Pereyra et al. (1991) encontraron una relación estadísticamente significativa entre el aumento de la precipitación anual en la Ciudad de Xalapa y el evento El Niño cuando éste se presenta con intensidad fuerte; cuando el evento El Niño es muy fuerte la correlación es poco significativa. Pereyra et al. (1992) presentaron evidencia de los efectos de El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) en el cultivo de frijol de temporal del estado de Veracruz, para el período 1980-1988, al encontrar que el rendimiento por hectárea disminuyó hasta en un 20.7% para el año de 1983 y un 15.7% para el año de 1987. En un estudio posterior, Pereyra y Sánchez (1994) mostraron en forma gráfica que la disminución de la precipitación durante la temporada de lluvia en Xalapa (19°32'N, 95°55'W, 1427 msnm) y Orizaba (18°51'N, 97°06'W, 1284 msnm) durante el período 1930-1990, tiene una importante relación con los eventos de El Niño, siendo más significativa esta disminución durante la sequía intraestival, específicamente en el mes de agosto. Pereyra et al. (1994) mostraron en un estudio más completo el efecto del fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) sobre la sequía intraestival para el estado de Veracruz. Los autores encontraron que durante los eventos de El Niño la sequía intraestival o canícula disminuye o desaparece en casi todo el estado, con excepción de las partes altas que incluyen a Xalapa, Naolinco y Orizaba, donde se agudiza la sequía. Guetter y Georgakakos (1996) demostraron estadísticamente, que las variaciones del escurrimiento estacional en el río Iowa, durante el período 1904-1989, están relacionadas con el fenómeno de El Niño y La Niña. Teixeira et al. (1998) estudiaron para el estado de San Pablo, Brasil, la relación de la precipitación con la Oscilación del Sur (OS) y encontraron que todas las fluctuaciones interanuales más significativas en la precipitación estuvieron asociadas con las fases extremas de la OS, durante el período 1948-1988.

METODOLOGÍA

Para realizar este estudio se obtuvieron del Centro de Previsión del Golfo, los registros de la rapidez de los vientos que azotaron al puerto de Veracruz, durante el período 1955-1989 (Figura 1). De este período sólo se consideró la época de nortes (octubre a marzo) y únicamente los días con nortes fuertes, es decir, cuando los vientos tienen velocidad sostenida mayor o igual a 20m/s (Pereyra *et al.*, 1992). Se eligieron los nortes fuertes debido a que con esta velocidad del viento se cierra el puerto de Veracruz a la navegación, lo cual origina pérdidas económicas al comercio nacional e internacional.

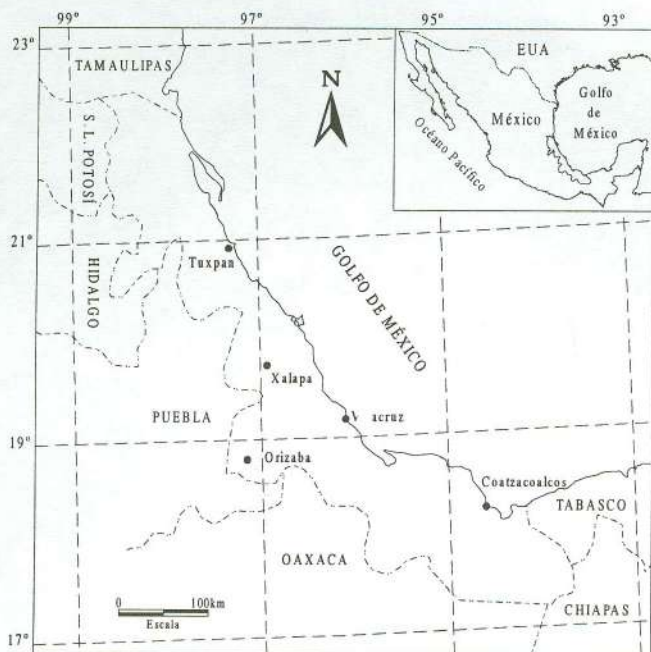


Figura 1. Ubicación geográfica del puerto de Veracruz, México. Tomada de Pereyra *et al.* (1994).

Para este estudio, primero se graficaron las anomalías¹ anuales² del número de días al año con vientos fuertes del norte contra las medias móviles de las anomalías mensuales del Índice de Oscilación del Sur, normalizadas ambas a sus valores máximos absolutos. Lo anterior se realizó con el objeto de encontrar una relación entre ambas anomalías. Luego se graficaron las anomalías anuales del número de días al año con vientos fuertes del norte contra los eventos de El Niño ocurridos durante el período 1955-1989. Finalmente, se graficaron las anomalías mensuales de los días con nortes fuertes contra las anomalías mensuales del Índice de Oscilación del Sur y los eventos de El Niño.

¹ La anomalía se define como la diferencia que existe entre cada valor y el valor promedio de la muestra de datos, esta diferencia se normalizó con respecto al valor absoluto más grande de las diferencias.

² Las anomalías anuales de los días con vientos fuertes del norte se ubicaron en la gráfica en el mes de enero de cada año por considerarse el mes más representativo de la temporada de nortes.

Posteriormente, con el fin de verificar las posibles relaciones observadas gráficamente, se aplicó la prueba estadística de comparación de varianzas de Fisher, dada por la siguiente expresión (Snedecor y Cochran, 1979; Kennedy y Neville, 1982):

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad (1)$$

donde, S_1^2 es la varianza de la muestra uno, S_2^2 es la varianza de la muestra dos (para $S_1 > S_2$). Si el valor estimado con la ecuación (1) es mayor que el valor en tablas, para el nivel de significancia asignado, se rechaza la hipótesis nula.

RESULTADOS

En las Figuras 2 y 3, se observa que sólo los Niños fuertes disminuyen la frecuencia anual de días con nortes fuertes para el puerto de Veracruz. Lo anterior se confirmó utilizando la prueba de comparación de varianza de Fisher. Para efectuar esta prueba se compararon las varianzas del número de días al año con nortes fuertes, de los años de Niño (muestra 2) y no Niño (muestra 1). La disminución anual promedio de los días con nortes fuertes cuando se presentó el evento El Niño con intensidad fuerte fue del 20.8%, significativa al 5%.

En la Figura 4 se muestra con mayor claridad la influencia de los Niños fuertes en la frecuencia anual de los días con nortes fuertes, a excepción de El Niño de 1972, en el que se observa un descenso marcado en la frecuencia con respecto al año anterior, aunque su valor persiste ligeramente por arriba de la media.

Por lo que toca a los eventos de El Niño con intensidades moderada, débil y muy débil, no se observó una influencia marcada en la frecuencia anual de los días con nortes fuertes que azotaron al puerto de Veracruz (Figura 3).

Del análisis mensual de las anomalías se observó que el mes de diciembre es ligeramente influenciado por el fenómeno de El Niño, ya que se presenta una disminución promedio del número de días con nortes fuertes de 13.1%, no significativo estadísticamente (Figura 5).

CONCLUSIONES

En este estudio se encontró que cuando se presentó el evento de El Niño con intensidad fuerte disminuyó la frecuencia anual de los días con nortes fuertes que azotaron al puerto de Veracruz, durante el período 1955-1989. Dicha disminución promedio fue de un 20.8%, significativa estadísticamente al 5%.

En cuanto a los Niños moderados, débiles y muy débiles se encontró que no tienen influencia, estadísticamente significativa, sobre la frecuencia anual de días con nortes fuertes.

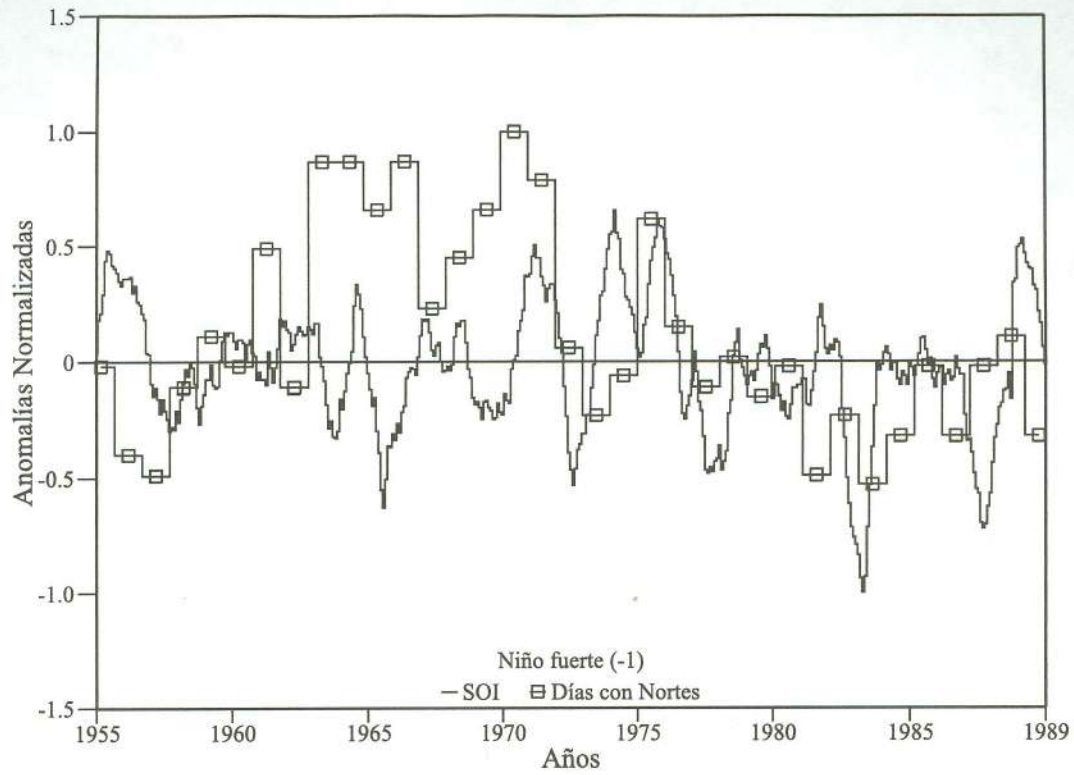


Figura 2. Comparación de las anomalías del Índice de Oscilación del Sur (SOI) con el número de días al año con nortes fuertes en el puerto de Veracruz. Periodo 1955-1989.

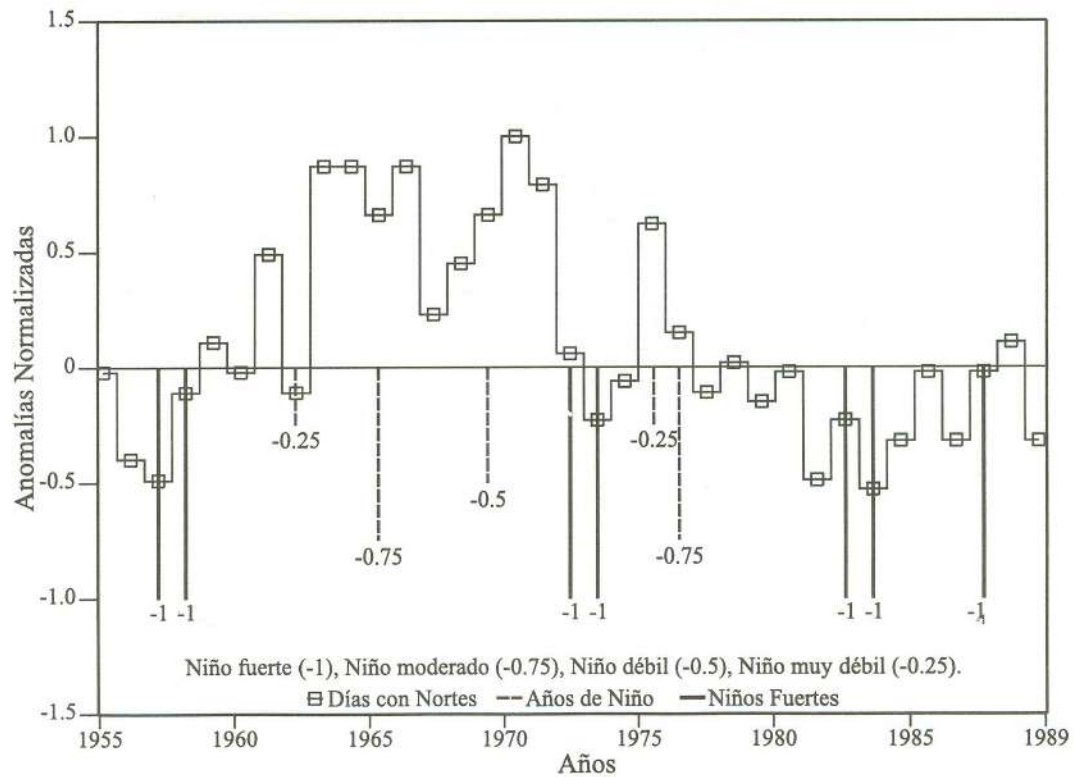


Figura 3. Comparación de las anomalías anuales del número de días con nortes fuertes en el Puerto de Veracruz con los eventos de El Niño. Periodo 1955-1989

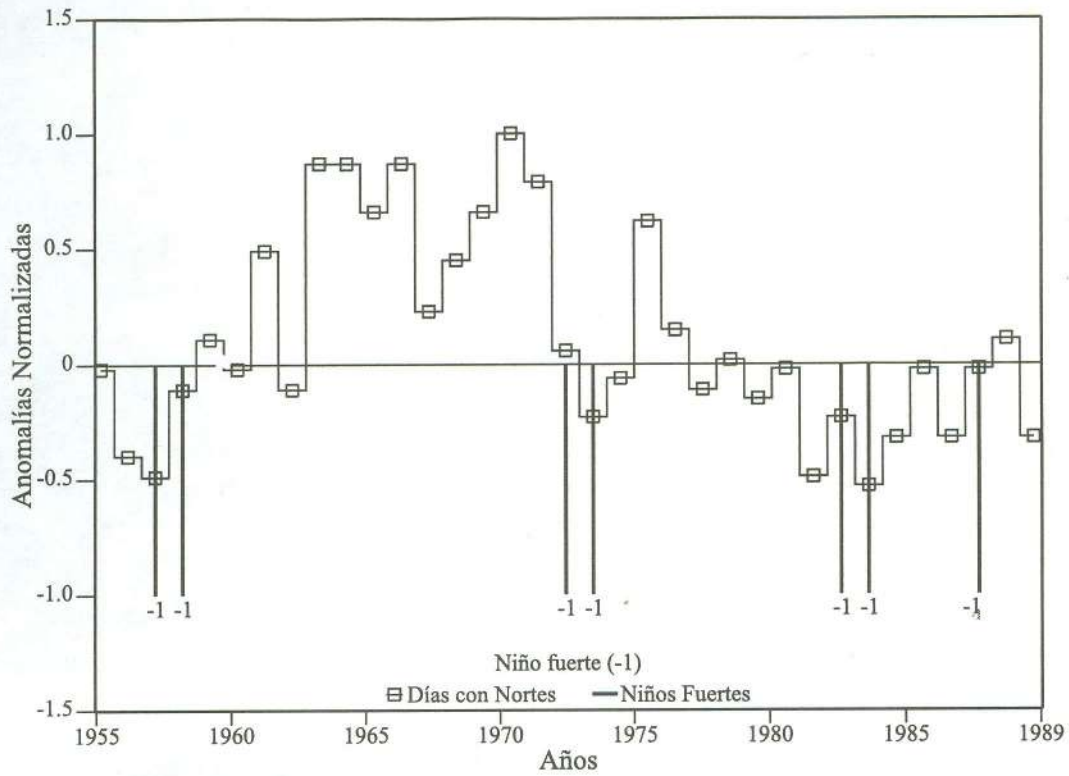


Figura 4. Comparación de las anomalías del número de días al año con nortes fuertes en el Puerto de Veracruz con los eventos de El Niño fuerte. Periodo 1955-1989.

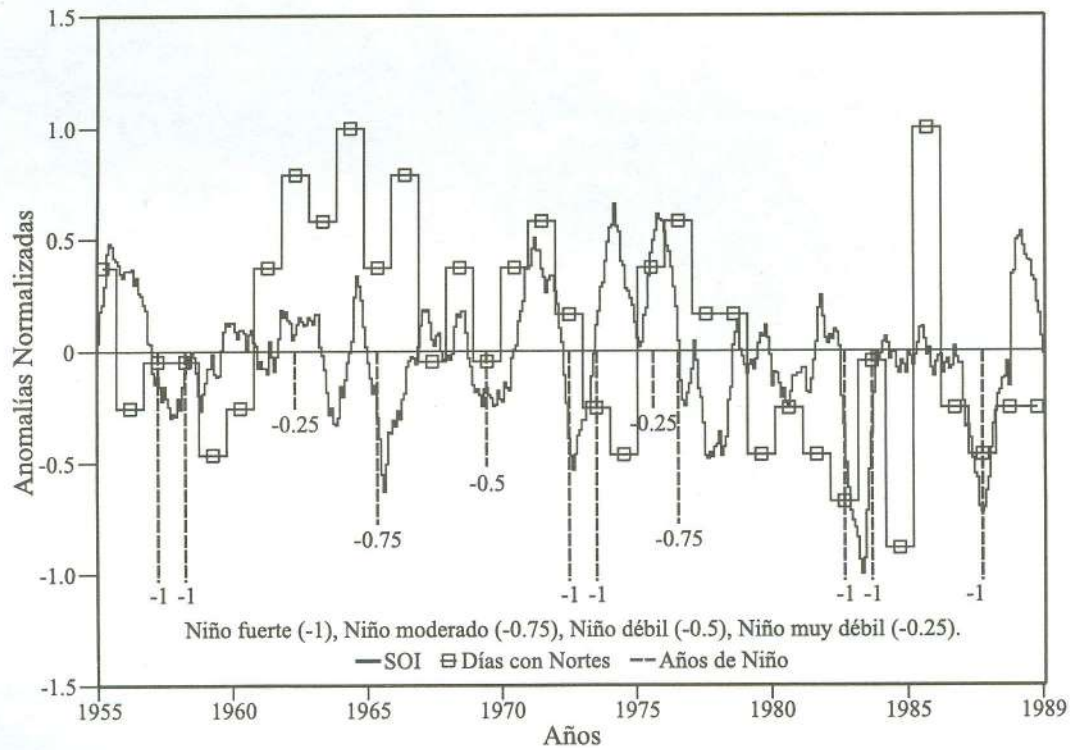


Figura 5. Comparación de las anomalías del Índice de Oscilación del Sur (SOI) con los eventos de El Niño y el número de días con nortes fuertes en el Puerto de Veracruz, para el mes de diciembre. Periodo 1955-1989.

El análisis mensual entre las anomalías, mostró que los Niños fuertes son los que influyen en la frecuencia de los días con nortes fuertes que se presentan en el puerto de Veracruz para el mes de diciembre, provocando una disminución promedio del 13.1%, la cual no fue significativa estadísticamente.

Finalmente, se puede decir que los resultados de este estudio son una evidencia más del efecto de ENSO sobre las condiciones climáticas de un lugar.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Prof. César Luna Bauza, Exjefe del Centro de Previsión del Golfo, por haber proporcionado los registros de viento, al Arq. Rigoberto Villasis Lara y a la C. Karina I. Moctezuma Garduza, por su apoyo en la adquisición y captura de la información. Agradecemos los comentarios hechos por un árbitro anónimo a nuestro trabajo.

REFERENCIAS

- Cavazos, T. and Hastenrath, S., 1990, Convection and rainfall over Mexico and their modulation by the Southern Oscillation, *International Journal of Climatology*, 10, 377-386.
- De la Lanza, G. and Galindo, I., 1989, ENSO 1986-1987 at Mexican subtropical Pacific offshore waters, *Atmósfera*, 2, 17-30.
- Fuentes, L., 1990, *Climatología Médica: La Ecología y su Salud*, Edamex, 11-55.
- Galindo, I., 1987, El fenómeno de El Niño: Oscilación suriana en las costas del Pacífico mexicano, Memoria de la II Reunión Indicativa de Actividades Regionales Relacionadas con la Oceanografía, Comisión Intersecretarial de Investigaciones Oceanográficas, Veracruz, México, 1-5.
- Guetter, A. and Georgakakos, K., 1996, Are the El Niño and La Niña Predictors of the Iowa River Seasonal Flow?, *Journal of Applied Meteorology*, 35, 690-705.
- Kennedy, J. y Neville, A., 1982, *Estadística para Ciencias e Ingeniería*, Karla, 221-223.
- Mosiño, P. y Morales, T., 1988, Los ciclones tropicales, El Niño y las lluvias en Tacubaya, D. F., *Geofísica Internacional*, 27, 61-82.
- Pereyra, D., Palma B., y Barrientos A., 1991, El Niño y su relación con las lluvias de Jalapa, Veracruz, México, *GEOS, Boletín de la Unión Geofísica Mexicana*, 10, 11-15.
- Pereyra, D., Sánchez, B.E., y Aguilar, J.L., 1992, El rendimiento del frijol de temporal en Veracruz: asociado con la Oscilación del Sur, *Universidad y Ciencia*, 9, 84-87.
- Pereyra, D., Palma, B.E. and Zitácuaro, I., 1992, Correlation between norther of Gulf of Mexico and frosts at Las Vigas, Veracruz, México, *Atmósfera*, 109-118.
- Pereyra, D. y Sánchez, B.E., 1994, El Niño y su relación con la sequía intraestival en dos localidades del estado de Veracruz, México, *GEOS, Boletín de la Unión Geofísica Mexicana*, 14, 9-11.
- Pereyra, D., Angulo, Q. and Palma, B.E., 1994, Effect of ENSO on the mid-summer drought in Veracruz State, Mexico, *Atmósfera*, 7, 211-219.
- Reyna, T. y G. Pérez, 1978, Sequía intraestival y consecuencias agrícolas en Coahuila, Memoria del VII Congreso Nacional de Geografía Aplicada, Saltillo, Coahuila, 85-96.
- Reyna, T. y Rebollo, A., 1985, Efectos de la sequía intraestival en la ganadería mexicana, Memoria del X Congreso Nacional de Geografía Aplicada, 102-112.
- Rogers, C., 1988, Precipitation variability over the Caribbean and tropical America Associated with the Southern Oscillation (ENSO), *Journal of Climate*, 1, 172-180.
- Ropelewski, C., and Halper, M., 1986, North American precipitation and temperature patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation (ENSO), *Monthly Weather Review*, 114, 2352-2362.
- Snedecor, G. y Cochran, C., 1979, *Métodos Estadísticos*, C.E.C.S.A., 154-155.
- Teixeira, J., Thomaz S.L. y De Franca V., 1998, Caracterización de la precipitación del estado de San Pablo, *Atmósfera*, 11, 125-142.

IMÁGENES ELECTROMAGNÉTICAS DEL INTERIOR DE LA TIERRA: PARTE V

Enrique Gómez Treviño
CICESE, Ensenada, Baja California, México

- Parte I:** Geos, 1996, Vol. 16, No. 3, 152-154.
Parte II: Geos, 1997, Vol. 17, No. 2, 104-106.
Parte III: Geos, 1997, Vol. 17, No. 3, 172-176.
Parte IV: Geos, 1998, Vol. 18, No. 1, 24-30.

Parte V.

Ya estamos en la sección de mediciones. Hasta el momento hemos analizado todos los aspectos que intervienen en la realización de una medición de resistividad por corriente directa, revisamos los efectos de todos los elementos que intervienen en la toma de una medición y concluimos que el valor de 15.4 mV que utilizamos como ejemplo, depende solamente de las separaciones relativas de los cuatro electrodos y de la distribución de resistividades en el subsuelo. No son relevantes los valores del voltaje y la corriente de la fuente, ni las dimensiones de los cables o la forma que toman al tenderlos en el suelo, como tampoco influyen las dimensiones de las varillas ni la parte de las mismas que se clava en el suelo. Para realizar una medición se requieren todos estos elementos y para caracterizar cada uno de estos elementos se requiere utilizar una o más variables, por lo que en principio el valor de 15.4 mV depende de un gran número de variables. Mencionamos que la reducción de tantas variables a sólo dos no es cuestión de suerte y que tampoco se trata de un regalo de la naturaleza, más bien es el producto de un diseño muy cuidadoso para alcanzar el objetivo deseado. El dispositivo común de cuatro electrodos para medir resistividad parece tan natural, que hasta llega a pensarse que su utilización se deriva directamente de las leyes de los circuitos eléctricos. Nada más lejos de la verdad, ya que lo que sugiere nuestra experiencia con circuitos en el laboratorio es el uso de dispositivos de dos electrodos. Discutimos sobre la improcedencia de utilizar este arreglo en medios tridimensionales y sobre cómo el uso de cuatro electrodos elimina muchas de las dificultades.

En la eliminación de variables llegamos al extremo de intentar la reducción del efecto de las separaciones entre los electrodos. Para esto, lo que hicimos fue normalizar la medición con respecto al voltaje correspondiente a una tierra homogénea, con lo que se logra, hasta cierto punto, hacer que la medición dependa solamente de la distribución de resistividades en el subsuelo. El efecto de la posición de los electrodos sigue estando presente ya que la medición seguirá dependiendo de la distribución de corriente en el subsuelo, la que estará necesariamente ligada a la posición de los electrodos de corriente. La localización de los electrodos de potencial también sigue presente, ya que el valor particular de voltaje corresponde a la vecindad donde se encuentran los electrodos y en donde la distribución de resistividades tiene alguna característica particular.

Nuestro valor original de voltaje de 15.4 mV terminó como 302 Ohm-m para la medición normalizada, lo que significa que si el terreno donde se implantaron los electrodos es homogéneo, entonces su resistividad tiene un valor de 302 Ohm-m. Si el terreno no es homogéneo, entonces este valor representa un promedio espacial de la distribución de resistividad del subsuelo. Diferentes partes del subsuelo contribuirán de diferente manera a este promedio. Esto lo podemos intuir simplemente reflexionando sobre el efecto que tendría en el valor de 302 Ohm-m la presencia de una caverna a determinada profundidad y luego a una profundidad dos veces mayor. De hecho, aún para un terreno homogéneo el valor de 302 Ohm-m representa un promedio ponderado de la resistividad de las diferentes partes del terreno. En este caso, como la resistividad es la misma para las diferentes partes, el promedio resultante es necesariamente igual a los valores promediados. En términos generales, ¿Cuál es la importancia relativa de las diferentes partes del subsuelo en relación con la posición de los electrodos?, o en términos matemáticos: ¿Cómo es la función con la que hay que ponderar la distribución de resistividad para simular matemáticamente una medición? Este aspecto lo trataremos en otra ocasión, en donde incluiremos la importancia relativa de las diferentes partes del terreno para otros tres tipos de medición.

En el presente número nos ocuparemos de una de las otras formas de realizar mediciones para determinar la resistividad de una tierra homogénea. Nos concentraremos en modalidades basadas en el fenómeno de inducción electromagnética. En general, a cada tipo de medición le corresponderá una manera distinta de ponderar la distribución de resistividad del subsuelo. En un terreno homogéneo los diferentes tipos darán el mismo valor de resistividad, el cual no debe ser otro que el valor mismo de la resistividad del terreno. Sin embargo, si el terreno no es homogéneo, con los diferentes métodos se obtendrán necesariamente promedios diferentes, ya que cada uno enfatizará el efecto de partes diferentes del subsuelo. Generalmente los diferentes métodos se complementan entre sí, de tal manera que en muchas ocasiones lo más conveniente es realizar levantamientos de campo con más de una técnica de medición.

7.2. MEDICIONES MAGNETOTELÚRICAS

7.2.1. ILUMINACIÓN DESDE LO ALTO

Vimos en la sección anterior que para realizar las mediciones de resistividad con corriente directa se requiere de un circuito de emisión para inyectar corriente al subsuelo. En el caso de las mediciones magnetotelúricas no se necesita hacer que circule artificialmente corriente en la tierra. Se utilizan

con el mismo fin corrientes eléctricas naturales que circulan por toda la tierra, cuyo origen es extraterrestre en el mismo sentido que la luz natural tiene un origen externo. En una de las secciones anteriores mencionamos que el Sol no emite radiaciones importantes con longitudes de onda del orden de kilómetros, que sean capaces de penetrar en la tierra hasta profundidades de interés en la exploración del subsuelo. Sin embargo, a través de una coincidencia fortuita, es el mismo Sol el encargado de iluminar también el interior de la tierra. El Sol emite partículas cargadas como protones y electrones que, aunque raras veces llegan a la superficie de la tierra, forman corrientes fluctuantes en las altas capas de la atmósfera. Estas corrientes actúan como antenas transmisoras de ondas electromagnéticas con periodos que van desde un segundo hasta varios meses. Sus efectos se manifiestan a través del fenómeno de inducción electromagnética, debido a que el campo magnético que generan varía en el tiempo de acuerdo a las fluctuaciones y cambios de dirección de las partículas cargadas. Las fluctuaciones del campo magnético que alcanza a la tierra produce corrientes eléctricas en el subsuelo, conocidas como corrientes telúricas, que también fluctúan con los mismos periodos que las corrientes que circulan en las altas capas de la atmósfera. Se trata del mismo efecto a distancia que utilizamos para la comunicación inalámbrica y que permite la existencia de la radio y la televisión. Incluso, algunas de las interferencias que se observan en estos y otros medios de comunicación se deben al efecto indirecto de las corrientes de la atmósfera. En la tierra también circulan corrientes naturales que fluctúan con periodos menores de un segundo y que son útiles en la exploración del subsuelo. El origen de estas corrientes de alta frecuencia se encuentra en los familiares rayos o descargas eléctricas que no dejan de producirse en algún lugar del planeta.

7.2.2. VOLTAJES CAPRICHOSOS

Procedamos ahora a hacer uso de las *corrientes telúricas*. Por lo pronto dispongámonos a realizar una medición telúrica sobre la superficie de la tierra. Las dos cantidades básicas que caracterizan a los fenómenos electromagnéticos son el campo eléctrico y el campo magnético. Midamos primero el campo eléctrico. El modo más práctico de estimar el campo eléctrico asociado con las corrientes telúricas es utilizando un par de varillas metálicas o de electrodos impolarizables implantados en el suelo. Conectando los electrodos a un voltímetro mediante cables del mismo tipo que los utilizados en el caso de corriente directa, estaremos en posición de registrar las variaciones temporales de las corrientes telúricas. Veamos las cosas por partes: Se trata de registrar variaciones temporales de voltaje, por lo que el voltímetro que utilizaremos, si es digital, deberá de ser capaz de realizar una medición con rapidez suficiente antes de que las corrientes cambien demasiado y además, debe de realizar un muestreo lo suficientemente denso para captar las variaciones de interés. Si el voltímetro es analógico, como por ejemplo un graficador de aguja con papel móvil, deberá responder con la rapidez necesaria para no distorsionar la señal. Los equipos digitales actuales son capaces de tomar muchas muestras por segundo por lo que generalmente no son una

limitante para los estudios magnetotelúricos. Otro aspecto que debemos analizar es la relación entre el campo eléctrico que deseamos medir y lo que en realidad estamos midiendo. Es necesario hacer estas consideraciones porque el dispositivo que se utiliza no es un aparato de laboratorio, al que simplemente se le oprime un botón y de inmediato aparece el valor del campo eléctrico. Lo que tenemos son dos electrodos enterrados a cierta distancia y un cable tendido en el suelo que los conecta a un aparato para medir voltaje. ¿Qué tiene que ver este voltaje con el campo eléctrico en la tierra?

En una de las secciones anteriores tratamos sobre la medición de campos eléctricos. Veamos una aplicación concreta en el caso de mediciones magnetotelúricas al suponer que el voltímetro contiene un filtro que deja pasar solamente variaciones que tengan un periodo de un segundo, atenuando las señales de periodos mayores y menores a este valor y después veremos el caso que incluye todos los periodos que contenga la señal. Supongamos también que los electrodos están separados una distancia de 100 m y que el cable que los conecta al voltímetro está tendido en el suelo de cualquier manera y que el muestreo de la señal se realiza muchas veces por segundo, de tal forma que podamos apreciar a través de uno o más segundos de registro, que la variación de pico a pico de la señal es de 4 mV. La lectura del voltímetro en cualquier momento es el producto numérico de la diminuta corriente que circula por el circuito de medición, el cual incluye a la tierra y la resistencia total del circuito. Como mencionamos anteriormente, este valor de voltaje representa el efecto integrado del campo eléctrico a lo largo de la trayectoria que describe el cable. Es muy importante enfatizar que lo anterior se refiere al campo eléctrico dentro de la tierra, inmediatamente debajo del cable y no al campo eléctrico dentro del cable. El campo dentro del cable es muy pequeño en comparación con su valor en la tierra debido a la alta conductividad eléctrica del cobre.

7.2.3. ¡INGENIERO, AL "CHUY" LE QUEDÓ EL CABLE CHUECO!

La lectura del voltímetro representa el efecto integrado del campo en la tierra a lo largo de la trayectoria que describe el cable, por lo que si dividimos la lectura por la longitud del cable obtendremos el valor promedio del campo a lo largo de dicha trayectoria. ¿Es ésto lo que estamos buscando? Realmente no, más bien lo que queremos estimar es el campo eléctrico en alguna dirección determinada. Por lo tanto, el cable deberá tenderse en el suelo en línea recta de electrodo a electrodo para captar el efecto integrado del campo en esa dirección. Vale la pena hacer una aclaración sobre la trayectoria que debe seguir el cable al ser tendido en la tierra, ya que sobre este aspecto existen muchos malentendidos. En principio, si deseamos conocer la componente del campo a lo largo de la línea definida por los electrodos no existe otra alternativa, debemos tender el cable en línea recta. Sin embargo, en algunos casos es posible pasar por alto este requerimiento. Por ejemplo, cuando se trata de flujos de corriente directa, se sabe que el efecto integrado del campo entre dos puntos cualesquiera no depende de la

trayectoria que se elija para llegar de un punto a otro. Por lo tanto, se obtendrá el mismo resultado si el cable se tiende en cualquier otra forma. En el presente caso de corrientes que varían con el tiempo se sabe que el efecto integrado depende de la trayectoria, por lo que hay que tener cuidado y considerar cada aplicación por separado. Generalmente pueden existir errores significativos cuando la longitud de onda es del orden de la longitud del cable. Afortunadamente esto sucede raras veces en el campo, por lo que también en este caso podemos pasar por alto el requerimiento de un cable recto entre los electrodos. Todo se soluciona volviendo a las razones físicas y matemáticas que originaron dicha práctica. Ahora bien, si el campo dentro de la tierra no varía a lo largo del cable, basta con dividir la lectura del voltímetro por la separación entre los electrodos para obtener el valor de la componente del campo eléctrico en la dirección del cable. Si por el contrario el campo varía a lo largo del cable, entonces lo que obtenemos como resultado es el promedio de la componente en la misma dirección.

7.2.4. SOBREVOLANDO EL RÍO DE LA TEORÍA

En el ejemplo que estamos considerando tenemos que el campo eléctrico de pico a pico es de $4.0 \times 10^{-5} \text{ V/m}$. Veamos ahora la relación que tiene este valor con la resistividad de una tierra homogénea. Para esto es necesario recurrir a las ecuaciones de Maxwell que relacionan los campos con las propiedades físicas de los materiales. Nos interesa la relación que existe entre el campo eléctrico en la superficie de la tierra y la resistividad eléctrica cuando se hace incidir desde arriba una onda electromagnética plana. No haremos aquí el ejercicio matemático de resolver esta cuestión, pero estamos obligados a resumirla de alguna manera pues el camino para comprender el método magnetotelúrico, así como cualquier otro método geofísico, necesariamente pasa por el río de la teoría. El río hay que cruzarlo nadando, en lancha, por un puente o incluso volando. Aquí lo pasaremos volando. Nos limitaremos a enunciar la relación y a explicar su significado. La relación se resume en la fórmula $E = Ik(\omega\rho)^{1/2}$. En esta fórmula E representa la amplitud de la oscilación, I es la amplitud de las corrientes en las altas capas de la atmósfera, k es simplemente una constante que depende de las propiedades del aire, $\omega = 2\pi/T$, donde T es el periodo de la oscilación y ρ es la resistividad de la tierra, la cual estamos suponiendo que es homogénea.

Recordemos que el campo eléctrico varía con el tiempo por lo que en realidad no tiene un valor único. Hemos supuesto que tiene una variación de periodo igual a un segundo. Implícitamente estamos también suponiendo que la variación en el tiempo tiene la forma de un seno o un coseno. La razón para esto último ya la habíamos mencionado en una sección anterior, pero vale la pena recordarla en el presente ejemplo. La razón es que los campos con variaciones que tienen la forma de senos y cosenos son los únicos que conservan su forma en sus interacciones con la materia. Esto es, que conservan la forma de senos y cosenos. Lo que resulta de las interacciones son cambios en las amplitudes de las variaciones y simples retrasos en la señal, por lo que si en las altas capas de la atmósfera las

corrientes oscilan en la forma de un seno o un coseno, las corrientes en la tierra también oscilarán de la misma forma. Con sólo conocer la amplitud y el retraso de la señal en la superficie de la tierra y conociendo, la oscilación sabremos como varía el campo con el tiempo. Si las corrientes en la atmósfera varían de cualesquier otra forma, por muy especial que sea, entonces las corrientes en la tierra se encargan de cambiar esta forma y las cosas se complican. Resulta entonces muy difícil predecir la variación del campo en la superficie de la tierra y por esta razón se suponen variaciones en la forma de senos y cosenos. Bajo esta suposición se deriva la fórmula para el campo eléctrico apuntada más arriba. Señalamos que en la fórmula E representa la amplitud de la oscilación. Este valor equivale a la mitad de la variación de pico a pico de la oscilación y entonces tenemos que la amplitud del campo para nuestra medición de un segundo de periodo es de $2.0 \times 10^{-5} \text{ V/m}$.

7.2.5. LAS CONTRIBUCIONES DE UN SOLDADO DE NAPOLEÓN

Es importante aclarar que en realidad no sabemos como se comportan las corrientes en las altas capas de la atmósfera y que tampoco podemos esperar que varíen en la forma de senos y cosenos. Por lo tanto, si dejáramos las cosas así, sin mayor explicación, lo que apuntamos en el párrafo anterior tendría solamente interés académico y sería muy difícil llevarlo a la práctica. No podríamos utilizar la fórmula que relaciona la medición del campo eléctrico con la resistividad de la tierra. El campo eléctrico en la superficie de la tierra en realidad varía en una forma bastante caprichosa, que en nada se parece a la de un seno o un coseno. Su gráfica se parece más al perfil topográfico de una zona montañosa, con sus cambios de pendiente, sus valles internos y desfiladeros, que a la suave topografía de un desierto con sus dunas formadas por el viento. Afortunadamente para nosotros —y para toda la ciencia en general— en el siglo pasado un soldado de Napoleón de apellido Fourier descubrió que cualquier gráfica o función se puede representar como una suma de senos y cosenos. La clave consiste en encontrar las amplitudes y los retrasos de los senos y los cosenos para muchos periodos de oscilación. A cada periodo le corresponde una amplitud y un retraso, con el resultado de que realizando la suma para todos los periodos se obtiene la gráfica o función original, por caprichosa o complicada que sea. Lo relevante para nuestro problema es que la amplitud que corresponde al periodo de un segundo en la suma mencionada, es precisamente la que corresponde a nuestra medición. Generalmente este proceso de encontrar las amplitudes y retrasos para los diferentes periodos se realiza numéricamente en el campo utilizando una computadora portátil. El resultado es el mismo si a la señal del voltímetro, el cual responde a todos los periodos, se le coloca un filtro que deje pasar solamente variaciones de periodo igual a un segundo. Los trabajos teóricos de Fourier en el siglo pasado justifican esta descomposición de funciones complicadas en términos de las funciones seno y coseno. Una de las consecuencias de esta descomposición es que le dan sentido práctico a cualquier análisis teórico basado en suposiciones como la de que las corrientes en las altas capas de la atmósfera oscilan en la misma forma que un seno o un coseno.

7.2.6. EL MAGNETO EN MAGNETO-TELÚRICO

Ahora estamos en posición de utilizar la fórmula $E = Ik(\omega\rho)^{1/2}$ para una variación senoidal sin ningún remordimiento de conciencia. Las variaciones senoidales existen pero nadie las ve porque se enredan unas con otras, Fourier nos enseñó a desenredarlas. Sólo nos resta para conocer la resistividad de la tierra que despejemos ρ de la fórmula. El resultado es $\rho = E^2 / (\omega^2 k^2)$. Sabemos que $E = 2.0 \times 10^{-5} \text{ V/m}$ y también sabemos que $\omega = 2\pi/T$ por lo que, para el periodo $T = 1 \text{ s}$ que estamos considerando, $\omega = 2\pi$. Mencionamos que la constante k depende de las propiedades electromagnéticas del aire y saber su valor no representa ningún problema pues k se puede encontrar en cualquier tabla de constantes físicas. Lo que sí representa un verdadero problema es I , la amplitud de las corrientes en la atmósfera que oscilan con periodos de un segundo. ¿Cómo vamos a saber cuanto vale I ? Existe una variedad de científicos de la tierra que se dedican a estudiar estas corrientes quienes posiblemente nos podrían decir el valor de I en el momento de nuestra medición. Probablemente nos pedirían que les comprásemos algún equipo, el cual resultaría por lo menos tan caro como el necesario para las mediciones magnetotelúricas. Adicionalmente, sería preciso que tomaran sus mediciones en el mismo lugar y a la misma hora en que nosotros tomáramos nuestra medición de campo eléctrico. O sea, que tendríamos que llevarlos con nosotros al campo. No, definitivamente no se puede. Es demasiado complicado y por lo mismo tal vez ni resulte. Lo mejor será abandonar nuestra idea de realizar mediciones de la resistividad de la tierra mediante el uso de estas corriente que además ni conocemos. Todo ha sido inútil, al menos que... Al menos que alguna de las otras componentes del campo electromagnético nos permita estimar el valor de I . Después de todo, el campo electromagnético tiene otras cinco componentes ¿Porqué no intentarlo? Alguien lo hizo hace casi 50 años y encontró, después de algunas aproximaciones, que la componente horizontal del campo magnético— la componente perpendicular al cable— no depende de la resistividad de la tierra y además es proporcional a I . La relación que encontró es $B = Ih$, donde B es la componente del campo magnético perpendicular al cable y h representa el valor de una de las propiedades físicas conocidas del aire. Así las cosas, el asunto se resolvió de la manera más simple posible, mediante la medición simultánea de una de las componentes del campo magnético. A propósito, de aquí viene lo de *magneto* en *magneto-telúrico*.

7.2.7. LA FÓRMULA PROMETIDA

Llegamos por fin a la fórmula prometida: $\rho = \omega^{-1} (h^2 / k^2) (E^2 / B^2)$, donde $h^2 / k^2 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$. Conocemos el valor de todas las variables excepto el de B . Para medir esta componente del campo magnético se utiliza una bobina formada por muchas espiras circulares de cable, a lo largo de cuyo eje generalmente se coloca algún tipo de material magnético para amplificar el efecto del campo. En la práctica las bobinas para mediciones magnetotelúricas generalmente tienen un metro de largo y un diámetro de 10 cm. El eje de la bobina se alinea en la dirección de la componente que se desea medir. Según la ley de Faraday,

sólo la componente del campo a lo largo del eje producirá corriente en las espiras. Esta corriente, por lo general diminuta para no modificar el campo presente, pasará finalmente por una gran resistencia colocada dentro de un voltímetro y en la carátula del voltímetro aparecerá un valor de voltaje. Este voltaje es una medida del campo magnético. La relación entre ambas cantidades está dada como $V = C\omega B$, donde C es una constante que depende, entre otras cosas, del número de espiras y del área de cada una de ellas. Generalmente el efecto de esta constante y de la frecuencia $\omega = 2\pi/T$ se compensa internamente de alguna forma para que el voltaje refleje directamente el valor del campo magnético. Típicamente, las bobinas se calibran tal que $1 \text{ gamma} = 100 \text{ mV}$. Lo único que hay que recordar es que $1 \text{ gamma} = 10^{-9} \text{ Teslas}$ y que debemos utilizar estas últimas unidades en nuestra fórmula con el fin de que las unidades de campo magnético estén en el sistema MKS. Supongamos que en nuestro ejemplo se obtuvo un voltaje de pico a pico en la bobina de 400 mV, lo cual equivale a 4 *gammas* pico a pico o a 2 *gammas* de amplitud para la variación del campo magnético. Sustituyendo las diferentes variables en la fórmula para ρ obtenemos un valor de resistividad de 10 Ohm-m.

7.2.8. EL VOLUMEN AFECTADO

Hemos llegado por fin a nuestro objetivo. Después de muchas suposiciones, consideraciones, explicaciones y cálculos, podemos estar orgullosos del fruto de nuestro trabajo: 10 Ohm-m ¡Vaya premio, un simple valorcito! Y sin embargo, se trata de un gran resultado. No tanto el valor en sí, sino el hecho de que pueda obtenerse de la manera en que se hizo. Miles de estas mediciones realizadas para diferentes periodos y en lugares estratégicos representan la materia prima para obtener imágenes de las profundidades. Ya llegaremos a esto en algún número posterior. Por lo pronto, preguntémonos por el volumen de tierra que afecta a nuestra medición. Hemos supuesto que la tierra es homogénea y que no tiene límites tanto horizontal como verticalmente. Sin embargo, podemos intuir que más allá de cierta profundidad, la resistividad podría cambiar arbitrariamente sin que nuestra medición se afecte sensiblemente. De hecho las cosas son así. El campo eléctrico al penetrar en la tierra induce corrientes eléctricas que tienden a disiparse a medida que profundizan. La profundidad efectiva a la que llegan depende de la resistividad y del periodo y se expresa como $\delta = 500 (\rho T)^{1/2}$ en unidades de metros. Esto implica para nuestro ejemplo una profundidad máxima de un poco más 1500 m. Generalmente se utiliza este mismo número para limitar la influencia de variaciones laterales. Podemos afirmar que nuestra medición está afectada por el volumen de tierra contenido en una esfera de 1500 m de radio y con centro en el lugar de medición. Una de las principales ventajas del método magnetotelúrico sobre otros métodos consiste en su capacidad de aumentar la profundidad de penetración con sólo aumentar el periodo. Si se desean explorar los primeros metros de profundidad, basta con seleccionar oscilaciones de periodo suficientemente pequeño. Este es uno de los principales atractivos del método magnetotelúrico, junto con el hecho de que no se requieren fuentes artificiales, ya que se utilizan las corrientes naturales que circulan en la tierra.

PROCESAMIENTO DE DATOS DE CTD ONDULANTE

A. Trasviña

Oceanografía Física, CICESE en B.C.S.

Miraflores 334 e/Mulegé y La Paz, La Paz, B.C.S., 23050, México

E-mail: trasvi@cicese.mx

RESUMEN

Se presenta un método de post-procesamiento de datos de CTD ondulante y se propone mejorar el diseño de un vehículo ondulante en particular. Este método permite medir variables dinámicas de meso y submesoescala en el océano superior. El cruce de la línea Giro 1 (experimento Tehuano 2, febrero-marzo de 1996) ilustra las ventajas de usar CTD ondulante para estudiar la dinámica de mesoescala.

INTRODUCCIÓN

El uso de vehículos ondulantes (o perfiladores rápidos) para las sondas CTD (conductividad, temperatura, presión) se ha vuelto muy popular en años recientes. El sueño de realizar finas mallas sinópticas de perfiles verticales todavía está lejos de realizarse, sin embargo los CTD ondulantes (CTDO) permiten realizar recorridos a velocidades sustancialmente mayores que los métodos tradicionales. Esto, a su vez, permite visualizar escalas espacio-temporales más pequeñas que las que se observan con lances puntuales. El uso conjunto de CTDO y perfiladores acústicos de corrientes ya ha tenido un impacto importante en el estudio de la dinámica de mesoescala y submesoescala en el océano (ver por ejemplo Pollard, 1986; Pollard & Regier, 1990; Trasviña *et al.* 1995).

Se han desarrollado una variedad de modelos, siendo Seasoar (Chelsea Instruments Ltd.) uno de los más populares. Sin embargo, hay dos problemas con este tipo de observaciones. El primero es que los vehículos ondulantes son generalmente muy caros y difíciles de operar. En segundo lugar los CTDs que se usan para perfilar no están diseñados para medir a las velocidades relativamente altas (y variables) que caracterizan a los vehículos ondulantes. De aquí surgen dos razones para el presente manuscrito: proporcionar una metodología básica para el procesamiento de los datos y promover el uso de un vehículo ondulante de bajo costo y de fácil manejo.

Recientemente, Filonov, Monzón y Tereshchenko (1996, FMT96 de aquí en adelante) publicaron el diseño de un vehículo barato, basado en ideas muy simples y que no requiere de malacates especiales para realizar los arrastres. Este diseño es particularmente útil en el momento actual en que los CTDs son ya instrumentos confiables, en que su tamaño y peso se han reducido considerablemente y, más importante aún, en que cuentan con memorias internas para la grabación de gran cantidad de datos. El vehículo descrito en FMT96 aloja un CTD autónomo SBE19 (Seabird Electronics) y cuenta con aletas de sustentación para mantenerlo cerca de la superficie mientras es arrastrado por el buque. Para eliminar la fuerza de

sustentación, el buque realiza uno o más virajes de 360° y, con esto, el vehículo se hunde hasta la longitud del cable. Al realizar cada viraje el buque mantiene su posición, es decir, no deriva con las corrientes como sucede durante las hidrocalas tradicionales. A raíz de la publicación de este diseño, el autor ha experimentado con éxito adaptando un CTD SBE25 para convertirlo a ondulante. Este tiene la ventaja de contar con una razón de muestreo de 8 Hz, comparado con 2 Hz en el SBE19. En ambos casos se usan los sensores libres, es decir, sin el sistema de bombeo típico de estos instrumentos.

La simplicidad de este diseño tiene su precio. Por ejemplo, no se tiene comunicación con el instrumento mientras se realiza un arrastre. La otra desventaja es común a todos los tipos de perfiladores rápidos y consiste en que las mediciones de salinidad requieren de un laborioso post-procesamiento para obtener perfiles limpios de errores. Estos errores se producen por la diferencia entre el tiempo de respuesta de los sensores de temperatura y conductividad, y se visualizan como 'picos' en el registro 'crudo' (no post-procesado) de salinidad. En este manuscrito se describe un método interactivo para el post-procesamiento de datos de CTDO. Finalmente, este trabajo pretende proponer parámetros para mejorar el método de perfilado rápido descrito en FMT96.

INSTRUMENTACIÓN Y METODOLOGÍA

Los datos que se analizan aquí fueron obtenidos con el vehículo descrito en FMT96. Se utilizó un CTD SBE19 con sensores de flujo libre de temperatura, conductividad y presión. Este instrumento muestrea la columna de agua con una frecuencia de 2 Hz. La velocidad óptima de perfilado es de 1 ms⁻¹.

Los datos se obtuvieron de la forma siguiente:

- a) El CTD se inicializa en cubierta. La captura de datos empieza antes de que el instrumento entre al agua.
- b) Se larga el CTDO a buque parado, en este caso hasta la marca de 300 m de cable hidrográfico.

- c) Se inicia el arrastre y el vehículo sube a la superficie por primera vez. La velocidad promedio de arrastre fue de 8 nudos.
- d) Para realizar los perfiles el buque hace virajes de 360°. En este caso los perfiles se realizaron cada 5 ó 10 minutos. La profundidad que alcanza el vehículo depende del lastre del instrumento y de la velocidad y dirección de las corrientes.
- e) Para finalizar un arrastre y leer la información del CTD el buque se detiene y se sube el vehículo a cubierta. En este instrumento en particular el tamaño de la memoria nos permitió realizar arrastres continuos por 3 horas.

El vehículo que utilizamos para obtener este grupo de datos era todavía un prototipo y solamente perfiló entre los 30 ó 50 m y la longitud del cable. Es decir, nunca alcanzó la superficie durante un arrastre. Sin embargo, en base a esta experiencia se alteró el diseño del vehículo y se construyeron dos versiones mejoradas que alcanzan la superficie sin problemas. En la Figura 1a se muestra el vehículo ondulante antes de entrar al agua. La Figura 1b muestra un arrastre típico con este prototipo.

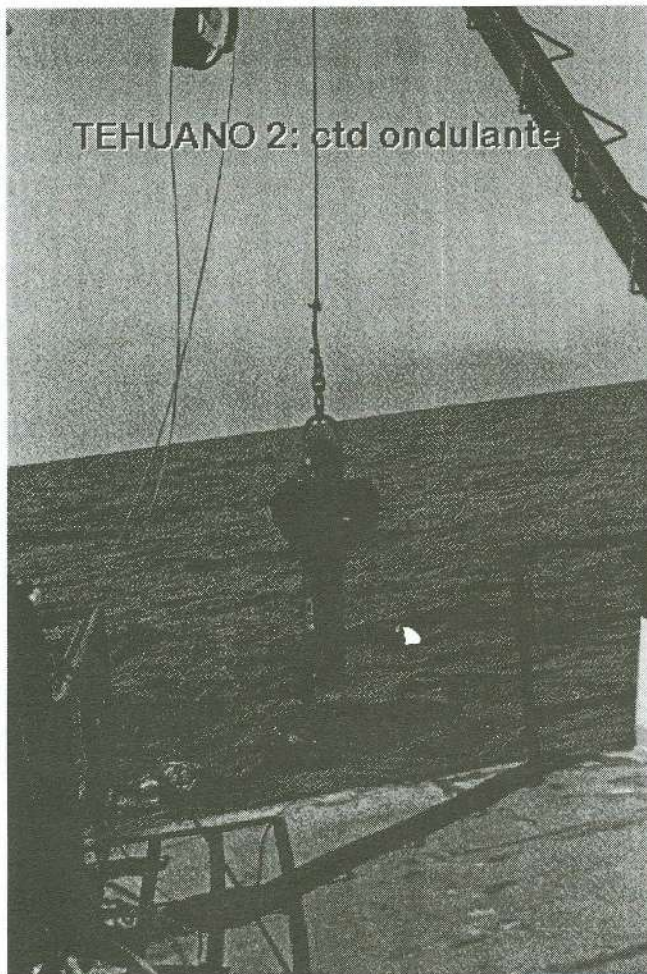


Figura 1a. Vehículo ondulante al momento de entrar al agua.

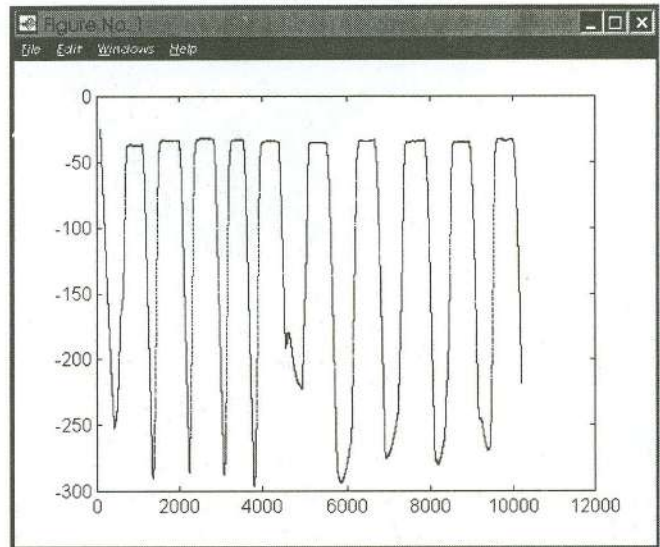


Figura 1b. Gráfica de tiempo (s) contra profundidad (db) de un arrastre típico de CTDO. Esta es la primera gráfica del programa *separa.m*.

UN MÉTODO DE POST-PROCESAMIENTO

El método que se describe a continuación se diseñó para ser utilizado con cualquier tipo de instrumento. Únicamente el primer paso requiere del uso de programas propietarios para la conversión de datos.

La compañía Seabird distribuye programas de procesamiento de datos para el SBE19. Estos producen perfiles de temperatura y salinidad de calidad a partir de hidrocalas puntuales, pero no pueden usarse para procesar arrastres de CTDO. Ello se debe a que el esquema tradicional de trabajo de un SBE19 incluye el perfilar a una velocidad constante cercana a 1 ms^{-1} . En un arrastre de CTDO las velocidades varían entre 0 y 3 ms^{-1} . La velocidad de perfilado es un factor crítico en el cálculo de los desfases de temperatura y conductividad. Los programas de Seabird no permiten variar este desfase dentro de cada lance y esto resulta en perfiles de salinidad demasiado ruidosos para ser utilizados, por ejemplo, en cálculos dinámicos. Además, la serie de presión de un lance normal de CTD incluye solamente una subida y una bajada, mientras que un arrastre de CTDO incluye varios ciclos de subidas y bajadas. Los programas de Seabird no están hechos para procesar ciclos de perfilado. El modelo de post-procesamiento que se describe a continuación resuelve estos problemas.

El modelo de post-procesamiento se divide en varias fases. La primera es la conversión de los datos crudos en binario o hexadecimal, a ascii. El resto del proceso se desarrolla en MATLAB y se divide en cuatro fases más. Cada fase corresponde a una función de MATLAB distinta que es llamada desde un programa principal (*prondul.m*). Las cinco fases del procesamiento son:

1. Conversión a ascii: DATCNV (Oceansoft de Seabird)
2. Separación de lances: *separa.m* (MATLAB)
3. Obtención de secciones de lance de velocidad constante: *proint1.m* (MATLAB).
4. Defasamiento de temperatura con respecto a presión y cálculo de salinidad: *proint2.m* (MATLAB).
5. Edición interactiva de salinidad, suavizado e integración de datos de navegación: *proint3.m* (MATLAB).

Se detallan a continuación.

PROCESAMIENTO EN DATCNV (OCEANSOFT, DE SEABIRD ELECTRONICS): OBTENCIÓN DE ARCHIVOS ASCCI

→ **Entrada:** archivo de datos crudos *.HEX (extensión de Seabird).

← **Salida:** archivo de datos crudos convertido a ascii *.CNV (extensión de Seabird).

Al recuperar los datos de un arrastre de CTDO la información se almacena en un archivo que contiene varios ciclos de subidas y bajadas. Cada archivo es traducido a ascii usando el programa DATCNV de la compañía Seabird. DATCNV se aplica a los archivos crudos con extensión HEX y **debe configurarse para que no elimine las inversiones de profundidad**. La salida del programa debe ser como:

- Tiempo en segundos: esto es importante, DATCNV presenta varias opciones (como días julianos), pero éstas dan problemas de precisión cuando se requiere obtener diferencias de tiempo en pasos subsiguientes.
- Conductividad en mS/cm
- Temperatura en T68
- Presión en db

PROCESAMIENTO EN MATLAB, PRIMERA FASE: SEPARACIÓN DE UN ARRASTRE EN LANCES INDIVIDUALES CON LA FUNCIÓN SEPARA.M

→ **Entrada:** salida de DATCNV en forma de un archivo ascii con extensión CNV. Para facilitar la lectura de los datos debe eliminarse el encabezado. Personalmente prefiero guardar el encabezado en otro archivo, no descartarlo. El programa puede modificarse fácilmente para incluir una función de lectura. Tal y como se encuentra ahora, el archivo de entrada debe contener tiempo, presión, temperatura y conductividad en las columnas 1 a 4, en ese orden.

← **Salida:** matrices de tiempo, presión, temperatura y conductividad, separadas en bajadas y subidas. Las columnas impares contienen bajadas y las pares subidas.

Llamada a la función separa.m, dentro de matlab:

[TIME,PRES,TEMP,CNDT]=separa(filename,path)

→ **Entrada:**

filename: nombre del archivo de datos, asume que la extensión del archivo de datos es cnv. Esto se puede modificar en la sección de lectura de la función.

path: trayectoria del archivo de datos

Ejemplo:

[TIME, PRES, TEMP, CNDT] = separa ('Te2o004', 'c:\tehuano2\ondulant\datos\giro1\');

← **Salida:** matrices de datos donde las columnas impares son las bajadas y las pares son subidas.

Requerimientos: función fpasabn, un filtro pasabajo tipo filtro de Godin.

CRITERIO Y VALOR UTILIZADO AQUÍ	SIGNIFICADO
dcrit=0.25;	Velocidad mínima en superficie o fondo al realizar un arrastre (unidades de diferencia de presión). Este valor se puede conocer cargando un archivo de arrastre (*.CNV) en MATLAB y graficando tiempo contra diff(p).
tsalto=100;	Salto en tiempo (segundos) entre bajadas y subidas sucesivas después de su separación (el valor es aproximado, no es importante que sea exacto). Un valor de 100 segundos entre bajadas (o subidas) sucesivas parece funcionar bien para lances a 250-300 m. Para lances más someros quizás haya que disminuir este valor.
nmax=800;	Numero máximo de valores en la vertical, por lance (subida o bajada), una vez separados. Esto depende del instrumento y de la profundidad máxima de los lances. En este caso el SBE19 muestrea a 2Hz. Si un ciclo dura 3 minutos habrá un total de 360 datos, de manera que nmax debe ser > 180. Si se usa un CTD con una razón de muestreo más alta, o si se hacen lances a más de 300 m, habrá que incrementar este valor. Se usa para especificar el número máximo de renglones en la matriz de salida. Aquí nmax=800 es sólo un número grande.
dmin=25;	Profundidad más somera a considerar. Este valor sirve para eliminar valores erróneos 'a priori'. En este caso sabemos que cualquier valor obtenido a profundidades menores que 25 m ocurre solo cuando se sube o se baja el vehículo. Esto porque el ondulante sólo subió a 30-50 m durante un arrastre. Si el ondulante normalmente sube hasta la superficie hay que especificar dmin=0 y eliminar los datos iniciales interactivamente (ver más adelante).
dmax=dmax(pres)/1.5;	Profundidad máxima de los lances (aproximada). Este valor se usa para eliminar marcas erróneas de fin de lance. Se calculó de los datos como máxima (presion) / 1.5.

Comentarios para el uso de la función *separa*:

Esta rutina se probó con datos obtenidos durante el experimento Tehuano II y los criterios de arriba están calibrados con estos datos. Seguramente habrá que cambiar algunos de estos valores al procesar un conjunto distinto de datos.

Esta función genera tres ventanas con gráficos:

1. La primera pantalla (Figura 1b) se usa para escoger los puntos iniciales y finales del arrastre usando el ratón de la computadora. El objetivo es 'escartar oscilaciones indeseables. Debe utilizarse el zoom para escoger los puntos extremos (Figuras 2a y 2b):

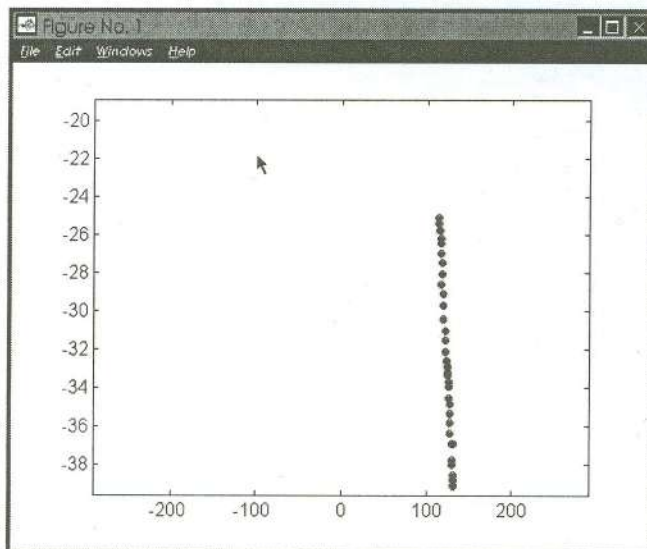


Figura 2a. Zoom de la Figura 1, esquina superior izquierda y posición del cursor para escoger el lance desde el inicio.

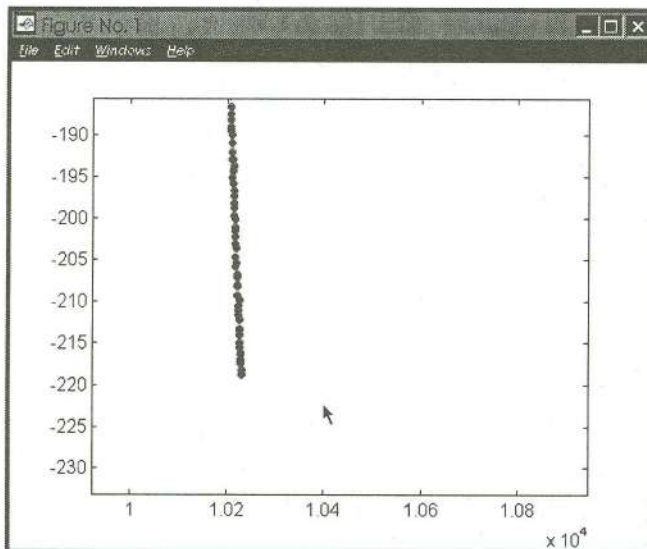


Figura 2b. Zoom de la Figura 1, esquina inferior derecha y posición del cursor para escoger el lance hasta el final.

2. La segunda pantalla (Figura 2c) muestra un panel doble: arriba se grafican los datos separados en subida+bajadas y abajo la serie original después de identificar los puntos finales de cada subida y cada bajada:

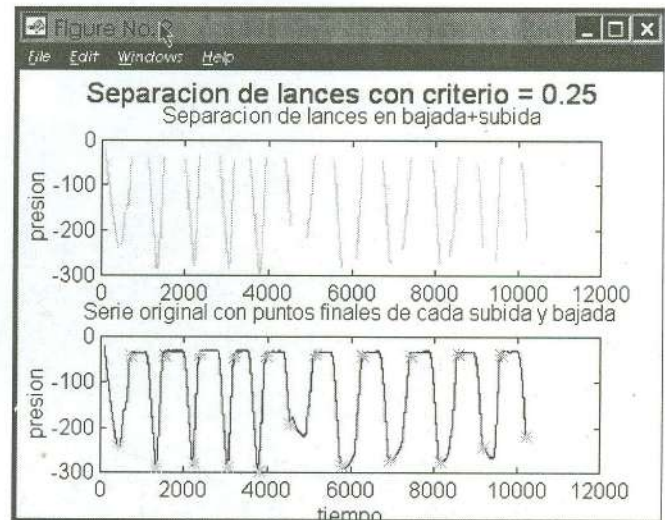


Figura 2c. Presentación de la separación en lances de subida+bajada y finales (*) de lances individuales.

3. La tercera pantalla (Figura 2d) muestra la separación de lances obtenida:

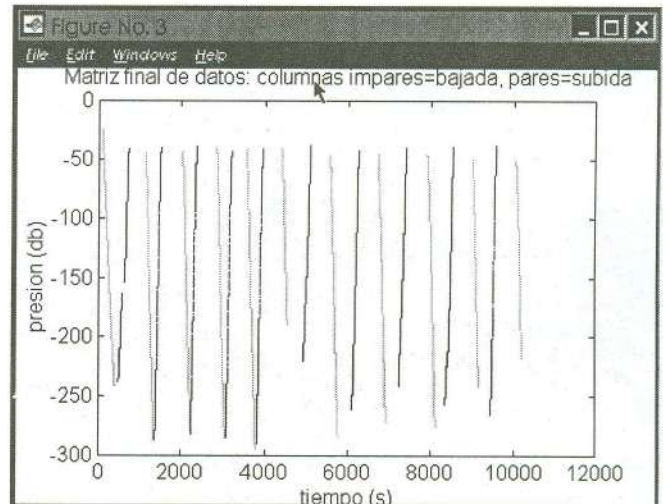


Figura 2d. Separación final de lances.

Si algo de lo que se menciona a continuación no es correcto, hay que repetir el proceso escogiendo una mejor opción de inicio y final de arrastre. Se deben eliminar todas las oscilaciones iniciales, por pequeñas que sean, dado que originan 'lances' espurios de pequeña longitud. Estos **no** podrán procesarse correctamente en fases posteriores. Para corroborar si el procedimiento se realizó correctamente es necesario revisar los puntos siguientes.

- Que los asteriscos que marcan el final de cada lance se encuentren, efectivamente, al final de cada lance. Si no es así, se aborta el proceso (ctrl-C) y se vuelve a escoger el inicio y final del lance.
- Que el número total de asteriscos que marcan el final de cada lance en la pantalla 2 sea igual al número de lances (subidas y bajadas) en la pantalla 3 (Figura 2d). Si no es así se aborta el proceso y se vuelve a empezar.
- En la ventana de matlab (command window, Figura 2e) aparece la variable k, la cual también debe ser igual al número de lances obtenidos. Si no es así se aborta el proceso y se vuelve a empezar:

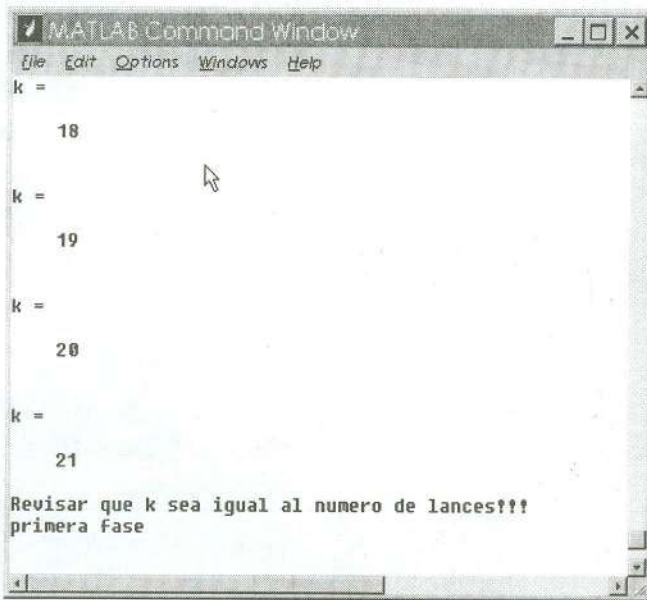


Figura 2e. Ventana de MATLAB presentando el número k de lances.

- Finalmente, es importante que **no** aparezcan puntos iniciales separados del primer lance. Esto usualmente ocurre cuando no se eliminó correctamente alguna oscilación inicial pequeña. En este caso también se debe abortar el proceso y se vuelven a escoger los punto iniciales y finales. Esto se detecta fácilmente en la gráfica (pantalla 3, Figura 2d) porque el origen del eje de tiempo no coincide con el primer punto del primer lance de bajada.

En resumen, la fuente principal de problemas ocurre cuando no se eliminan correctamente los datos superficiales al inicio y final de lance. Allí hay oscilaciones que el programa confunde fácilmente con lances de bajada o subida. *Se aceptan sugerencias para mejorar esta parte del algoritmo.* Tal como está ahora hay que eliminar todos los datos muy superficiales o iniciales. Se debe ser especialmente cuidadoso con los extremos de la serie cuando el aparato llegó a la superficie muy rápido y/o se mantuvo oscilando en la superficie. Estas oscilaciones son extremadamente difíciles de descartar automáticamente. Por eso es necesario eliminarlas de los datos desde el inicio.

Además, los datos de salinidad que allí se obtuvieran no serían correctos. Este tipo de instrumentos (CTDs de flujo libre) no miden bien a velocidades bajas del flujo.

Una vez que se ha adquirido experiencia con esta parte del programa, el resto del proceso requiere de poca intervención del usuario. En general es un proceso rápido y puede hacerse rutinariamente.

PROCESAMIENTO EN MATLAB, SEGUNDA FASE: OBTENCIÓN DE SECCIONES DE LANCE DE VELOCIDAD CONSTANTE CON LA FUNCIÓN PROINT1.m

→ **Entrada:** TIEMPO, PRESIÓN: matrices de tamaño (n, m) donde m es el número de lances separados por la función *separa* y n es igual a n_{max} (proporcional a la profundidad).

← **Salida:** TLIM: tiempo en que se calcula el promedio de velocidad. VLIM: velocidades promedio cada 10s.

Para encontrar el defase temperatura-conductividad que elimina el mayor número de picos de salinidad, se divide el lance en secciones de 10 segundos y se calcula la velocidad promedio en cada sección. Durante este intervalo de tiempo el promedio de la velocidad caracteriza bien el comportamiento del vehículo ondulante. La velocidad promedio en cada intervalo determinará el defase a aplicar en el paso siguiente (*proint2*).

Algunos criterios incluidos en el programa son:

1. z_{max} No. máximo de secciones de velocidad constante. Debe ser algo como el tiempo mayor (s) para realizar un lance, dividido entre 10 (s).
2. DT Paso de interpolación de 1 segundo (estándar, no se debe modificar sin hacer pruebas extensas).

Llamada a la función *proint1.m*, dentro de matlab:

$[TLIM, VLIM] = \text{proint1}(\text{TIME}, \text{PRES})$

→ **Entrada:** matrices TIME, PRES (de *separa*)

← **Salida:** vector TLIM: tiempos del promedio de velocidad cada 10s. Vector VLIM: velocidades promedio cada 10s

Requerimientos: *lintrp* (interpolador lineal), *fpassbn* (filtro pasa bajo).

Comentarios sobre la función *proint1*:

Esta función determina la bondad de los defases que se realizarán en la fase siguiente (*proint2*). Si el vehículo se comporta bien, es decir, si los perfiles de velocidad contra tiempo (curva de aceleración) siguen una forma parabólica, los defases funcionarán razonablemente bien al calcular promedios de velocidad cada 10 segundos. Si el instrumento tiene una razón de muestreo mayor a 2 Hz y si las curva de aceleración fueran

más complicadas que una parábola, quizás sería conveniente disminuir DT y reprogramar esta función para calcular promedios en lapsos más pequeños (incrementando z_{max} de acuerdo a esto). En general el usuario no tendría que modificar esta función. Dada la razón de muestreo del SBE19 (2 datos por segundo) no es necesario calcular estos promedios en intervalos menores que 10 segundos.

Para este grupo de datos, como se explicará en la fase siguiente, el comportamiento de los lances de bajada no es bueno y se desechan del proceso en la fase siguiente. Esto no afecta la resolución horizontal del instrumento dado que subidas y bajadas se realizan casi en la misma posición. Hay que recordar que la bajada sucede durante un viraje de 360° y la subida al salir del viraje. Sin embargo, esto afecta la resolución vertical de las observaciones. Los sensores miden agua no perturbada solamente durante el lance de bajada. Es decir, al sólo poder usar los lances de subida, los sensores miden una versión 'suavizada' del perfil vertical. El suavizado se debe a la turbulencia inducida por el cuerpo del vehículo y no es una función conocida. Sin embargo, esto no representa un inconveniente importante porque el instrumento no está diseñado para medir estructura fina sino para revelar estructuras de meso y submesoescala. Estas tienen escalas de varios metros en la vertical y de decenas a cientos de kilómetros en la horizontal.

En el análisis de varios arrastres realizados con el CTDO/ SBE19, los promedios de velocidad en lances individuales sugieren que hay que mejorar dos aspectos del vehículo:

- La aceleración de bajada debe ser más regular. Hay que mejorar el diseño para obtener una curva parabólica de aceleración durante los lances de bajada.
- Los sensores deben colocarse físicamente en un lugar óptimo para aprovechar todos los datos. Esto implica encontrar la manera de tener sensores que midan flujo no perturbado durante la subida y la bajada del instrumento. Una opción es la colocación de sensores redundantes en posiciones opuestas.

Operación de la función *proint1*:

La función presenta en la pantalla todas las gráficas de los lances de subida y bajada. En principio hay que revisarlos todos para escoger aquellos cuyos promedios de velocidad (curvas de aceleración, marcadas con asteriscos) tengan un perfil parabólico (Figura 3). Esto servirá para descartar los lances inservibles en el paso siguiente (*proint2*). En el caso del grupo de datos usados aquí, los lances de bajada se deben descartar inmediatamente por no tener curvas regulares de aceleración. Sin embargo, se presentan las gráficas de los lances de bajada para mantener la capacidad de analizar el conjunto completo de datos. Con los lances de subida vale la pena experimentar. En la mayoría de los casos las curvas de aceleración serán parábolas regulares (Figura 3c). Por otro lado, las curvas muy irregulares se deben descartar inmediatamente. Sin embargo,

otras tendrán curvas aproximadamente parabólicas y otras aún con forma de parábolas dobles (Figura 3b, esto sucede cuando el vehículo se detiene en la subida). Todas estas pueden ser formas aceptables, aunque mientras más irregular sea la curva, más picos aparecerán en el perfil de final de salinidad.

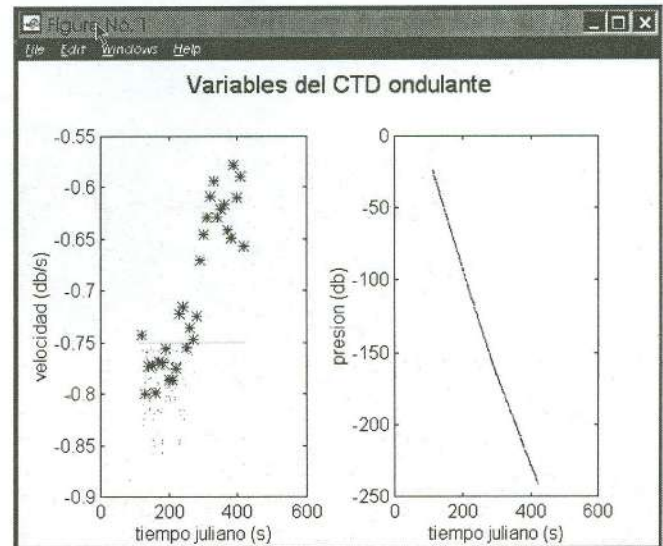


Figura 3a. Lance de bajada típico, con curva de aceleración (izquierda) irregular. Se descarta.

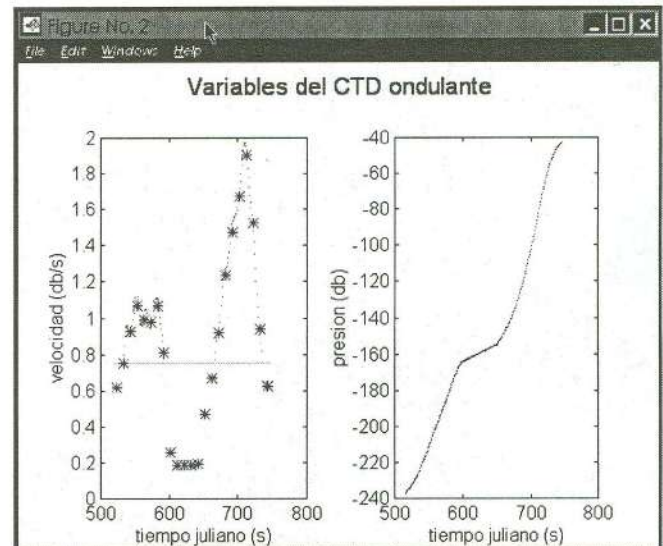


Figura 3b. Lance de subida atípico, con curva de aceleración (izquierda) irregular. Este caso producirá perfiles de salinidad con más picos que uno con un perfil regular (ver Figura 3c).

PROCESAMIENTO EN MATLAB, TERCERA FASE: FUNCIÓN *PROINT2.m*

- ➔ **Entrada:** TIME: TLIM, VLIM de *proint1*
TIME, PRES, TEMP, CNDT matrices separadas (de separa).
- ⬅ **Salida:** TI, CO, TE, PR, SA matrices de tiempo, conductividad, temperatura, presión y salinidad.

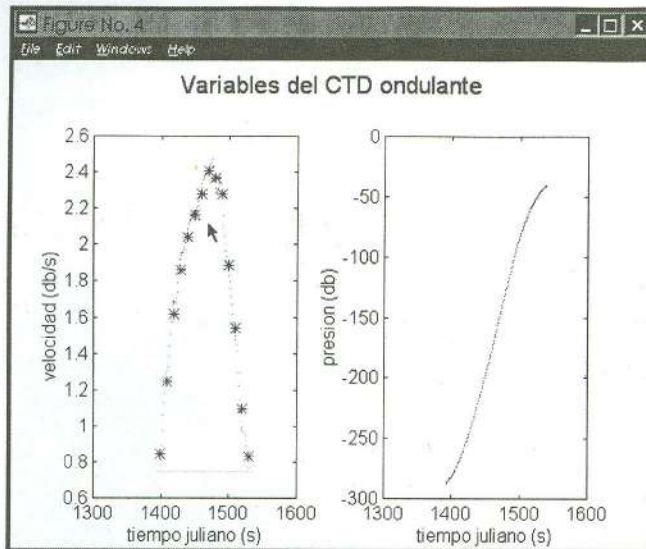


Figura 3c. Lance de subida típico, con curva de aceleración parabólica regular. Este lance producirá los mejores resultados.

Esta función aplica diferentes defases de temperatura relativos a la presión a cada una de las secciones de velocidad constante (obtenidas en *proint1*), dependiendo de la velocidad promedio del segmento. Después de obtener las series defasadas, el programa calcula la salinidad. **Actualmente funciona con lances de subida.** Sería fácil modificar esta función para procesar lances de bajada, si estos tuviesen la calidad requerida en sus curvas de aceleración. Para hacerlo sería necesario modificar el modelo de defasamiento. Éste solamente se ha probado para lances de subida por no contar con datos de bajada de buena calidad.

Esta función debería trabajar sin intervención del usuario en sus parámetros internos. Si algún usuario detectara problemas podría reportarlos a trasvi@cicese.mx, incluyendo una muestra del archivo problema.

Llamada a la función *proint2.m*, dentro de matlab:

[TI, CO, TE, PR, SA] = proint2 (TLIM, VLIM, TIME, PRES, TEMP, CNDT)

→ **Entrada:** TLIM, VLIM de *proint1*
TIME, PRES, TEMP, CNDT matrices separadas (de separa)

← **Salida:** TI, CO, TE, PR, SA matrices de tiempo, conductividad, temperatura, presión y salinidad.

Requerimientos: *fpasabn* (filtro pasa bajo), *lintrp* (interpolador lineal), *sw_salt* (para el cálculo de salinidad, librería para MATLAB seawater del CSIRO).

Operación de la función *proint2*:

Esta función hace varias preguntas, la primera:

quieres especificar los lances (n o s)?

Por omisión se escoge procesar todos los lances de subida. Si en el paso anterior se encuentra algún lance de subida que no tenga una curva parabólica de aceleración, éste puede omitirse aquí. Para esto se responde *si* (sólo se escribe la 's', sin comillas desde luego). Esto da lugar a la siguiente pregunta:

vector de lances? (ejemplo: 2:2:10)

Aquí se responde con un vector de lances en notación de MATLAB. El ejemplo 2:2:10 es equivalente a procesar los lances [2 4 6 8 10]; hay que recordar que los lances pares son los lances de subida. Si, por ejemplo, se desea omitir el lance 4, la respuesta sería como [2 6 8 10].

A continuación se inicia el procesamiento de cada lance. Esto abre 3 ventanas: la primera (Figura 4a), que marca el avance del programa en una gráfica de temperatura contra profundidad; la segunda (Figura 4b), que grafica la salinidad obtenida en cada segmento de 10 s y la tercera, que grafica el perfil de salinidad completo (Figura 4c). Al final de cada lance hay que dar 'return' para avanzar al siguiente.

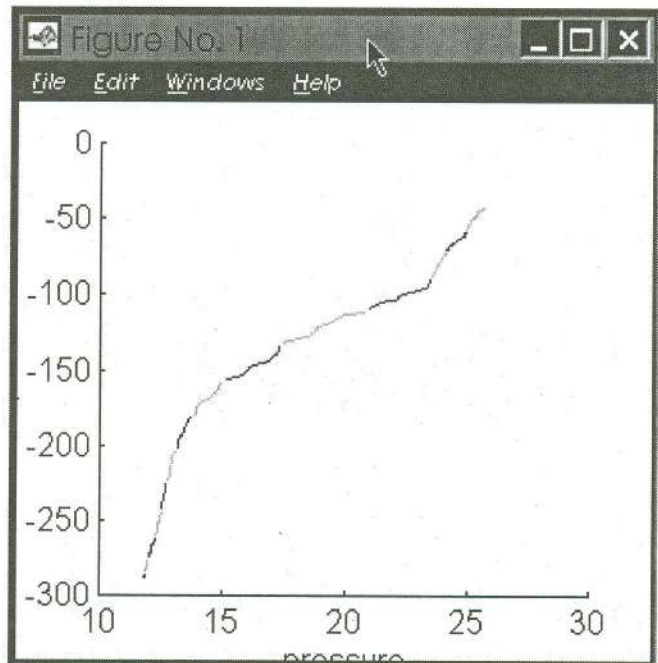


Figura 4a. Perfil de temperatura. Los diferentes colores marcan los segmentos de 10 s escogidos para efectuar los defases.

PROCESAMIENTO EN MATLAB, CUARTA FASE: FUNCIÓN *PROINT3.m*

→ **Entrada:** TI, CO, PR, SA (de *proint2*)

← **Salida:** Archivo *.mat que contiene los vectores TIM CON SAL PRE TEM LON LAT, es decir tiempo, conductividad, salinidad, presión, temperatura, longitud y latitud, para todo el arrastre de CTDO.

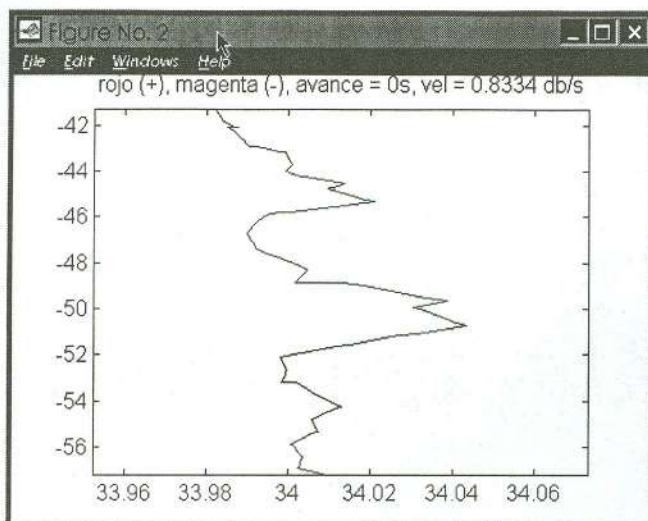


Figura 4b. Segmento de perfil de salinidad.

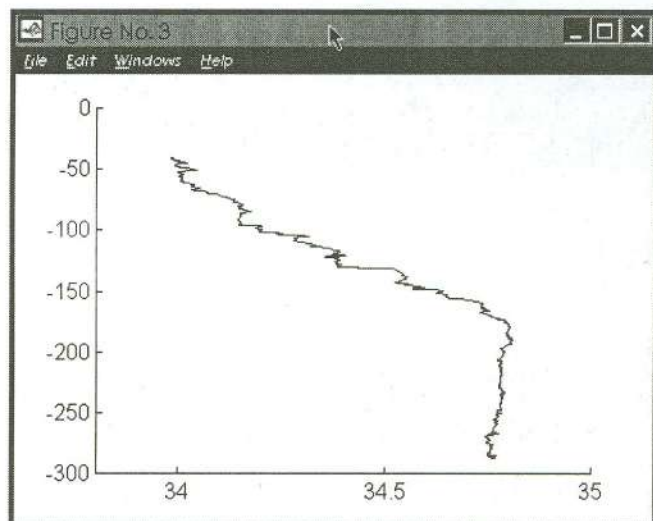


Figura 4c. Perfil completo de salinidad.

Esta función permite editar las salinidades, las suaviza y las integra con la navegación. Ésta, a su vez, llama a la función *navega*, que sincroniza los tiempos con las posiciones geográficas. Esta versión de *navega* requiere de un archivo de navegación, pero es una función sencilla que puede ser sustituida por el usuario, dependiendo de sus necesidades. El encabezado de *navega* explica sus características principales:

```
function [lon, lat]=navega(otime,archnav,ext);
% función que integra tiempo con navegación usando
% un archivo de datos de gps que contiene:
% día juliano decimal, longitud, latitud
%
% entrada:
% otime = tiempo promedio del lance (para ondulante)
% archnav = nombre del archivo de navegación
% ext = extensión del archivo ('.dat', por ejemplo)
%
% ATC, CICESE en BCS, 1/07/98
```

Llamada a la función *proint3.m*, dentro de matlab:

proint3 (TI, CO, TE, PR, SA, nombre)

→ **Entrada:** TI, CO, PR, SA (tiempo, conductividad, presión, salinidad, de *proint2*)

nombre = nombre del archivo de salida

← **Salida:** archivo 'nombre'.mat que contiene los vectores TIM CON SAL PRE TEM LON LAT.

Requerimientos: *fpasabn* (filtro pasabajo), *julday* (cálculo de día juliano), *navega* (integrador de tiempo y navegación).

Operación de la función *proint3*:

La función inicia con una pregunta al operador:

fecha inicial (ddmmaa hh:mm)?

La respuesta debe ser algo como: 230296 08:17 (no omitir ningún campo)

es decir: 23 de febrero de 1996 a las 8:17 de la mañana.

En seguida el programa presenta una ventana con la gráfica de salinidad y pregunta:

deseas eliminar secciones del lance? (s o n)

Si la gráfica de salinidad presenta picos que son evidentemente erróneos (Figura 5a), aquí se tiene la oportunidad de eliminarlos. Lo que hace el programa es sustituir un rango de valores con NaNs (not-a-number). Esto a veces es necesario cerca de la superficie o en secciones de la termoclina que no se pudieron defasar correctamente para el cálculo de la salinidad. En este caso se responde 's' y el programa pregunta entonces si se desea hacer un zoom de la ventana para escoger la región a eliminar.

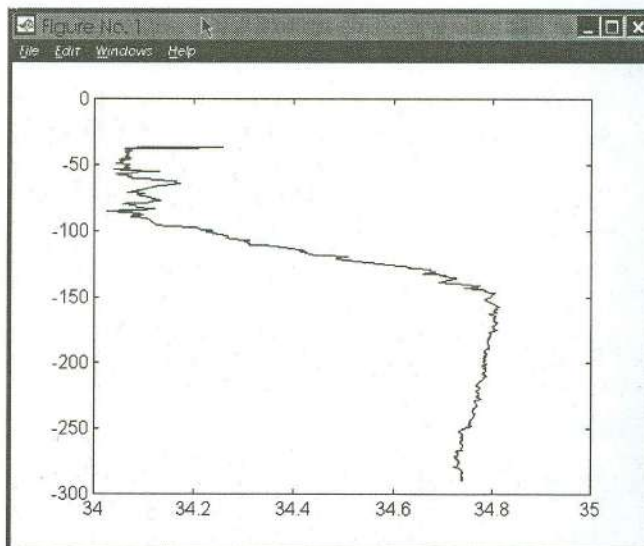


Figura 5a. Perfil de salinidad con datos erróneos en superficie.

deseas hacer zoom?

Si la respuesta es 's', el programa responde:

escoge con el mouse el rango de profundidades (primero la sup.) (ver Figura 5b).

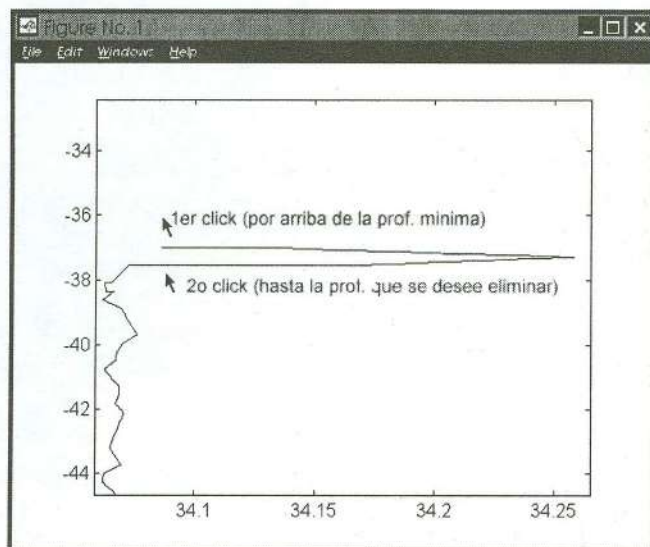


Figura 5b. Eliminación de datos con el cursor.

Luego aparece un cursor sobre la ventana del gráfico de salinidad vs. profundidad. Una vez que se escogen las dos profundidades, la ventana se actualiza con los datos eliminados (Figura 5c). El programa pregunta entonces:

deseas continuar? (s o n)

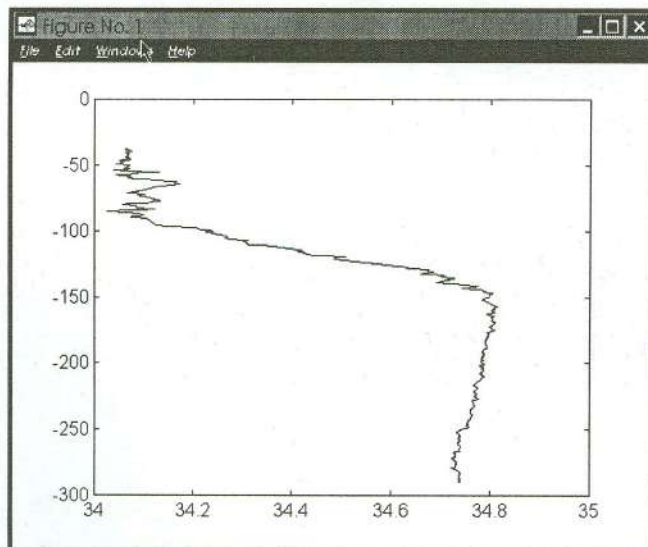


Figura 5c. Perfil actualizado.

En caso de responder afirmativamente, se tiene oportunidad de eliminar alguna otra sección de datos erróneos. Si se responde que no, el programa pasa a suavizar los datos y actualiza la gráfica con los datos suavizados en un color diferente,

superpuestos sobre los datos originales (Figura 5d). Después de hacer esto, el programa anuncia:

lance terminado (enter para continuar)

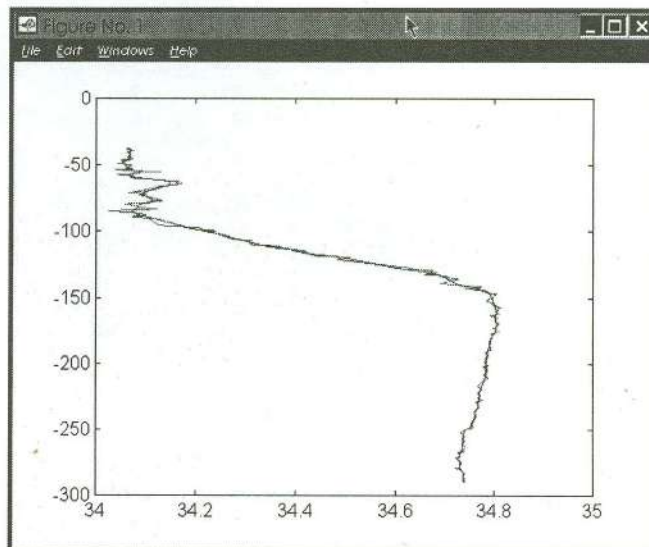


Figura 5d. Perfil final suavizado.

Y al presionar la tecla 'enter' se procede a repetir el proceso con el lance siguiente del arrastre.

Al finalizar el proceso, el programa escribe los vectores de datos a un archivo 'nombre'.mat.

Programa principal en MATLAB: prondul.m

Finalmente, se incluye un ejemplo de un programa principal que puede ser utilizado para correr las cuatro fases del procesamiento en MATLAB.

```
%programa que llama a todas las funciones para el
%procesamiento de CTD ondulante.
%
% OJO al correr datcnv (antes de este programa)
%
% Los datos de entrada para la función separa deben ser:
% El tiempo en segundos
% La conductividad en mS/cm
% La temperatura en T68
% La presión en db
%
% ATC, CICESE en BCS, 30/06/98

close all, clear
nombre='Te2o004';
[TIME, PRES, TEMP, CNDT] = separa (nombre,
'c:\tehuano2\ondulant\datos\giro1\');
disp('primera fase');
pause
close all
[TLIM, VLIM] = proint1 (TIME, PRES);
```

```

disp('segunda fase');
pause
close all
%La siguiente función corre de manera interactiva,
% el vector de lances se da como: 2.2:10
[TI, CO, TE, PR, SA] = prout2 (TLIM, VLIM, TIME, PRES,
    TEMP, CNDT);
clear ans TLIM VLIM TIME PRES TEMP CNDT
disp ('tercera fase');
close all, clear ans
%La última fase convierte el tiempo de segundos a
%días julianos y permite editar y suavizar los datos
%de salinidad. Finalmente, integra la navegacion y
%salva a un archivo 'nombre'.mat
prout3(TI, CO, TE, PR, SA, nombre);
clear

```

Cómo obtener estos programas.

Por solicitud mediante mensaje electrónico a trasvi@cicese.mx

UN EJEMPLO DE DATOS PROCESADOS POR ESTE MÉTODO

Durante el experimento Tehuano 2 (febrero-marzo de 1996) se hizo uso intensivo del CTDO. Se recorrieron varios giros con este procedimiento y se logró incrementar la resolución horizontal de manera significativa. A continuación se comparan secciones de densidad de la línea Giro 1 (Figura 6a). Ésta fue recorrida simultáneamente con lances tradicionales de CTD (SBE9/11) y con el CTDO descrito en este artículo.



Figura 6a. Imagen AVHRR del Giro 1 el 11 de febrero de 1996. Los tonos oscuros del interior del giro corresponden a temperaturas superiores a 28°C. Figura 6a. Imagen AVHRR del Giro 1 el 11 de febrero de 1996. Los tonos oscuros del interior del giro corresponden a temperaturas superiores a 28°C.

Las Figuras 6a y 6b muestran el giro mediante su firma superficial en el infrarrojo (Figura 6a) y mediante las trayectorias de 4 flotadores ARGOS liberados en su interior (Figura 6b, aquí se muestra también la trayectoria seguida para la línea Giro 1). Es evidente que se trata de un giro cálido, anticiclónico. Las Figuras 6c y 6d comparan la información obtenida mediante el método tradicional (Figura 6d) y el CTDO (Figura 6c). En ambas se destaca la forma cóncava de la piconclina que es típica de los giros cálidos. Nótese también que el CTDO no llega a superficie y que no alcanza a registrar adecuadamente las isolíneas de menos de 23 kg m⁻³. Sin embargo, la sección del CTDO muestra claramente una 'lente' que ocupa la mitad oeste de la piconclina. Esta característica se pierde en la sección de CTD debido a la menor resolución horizontal del campo de masa. Es claro que para entender la dinámica de este giro no debemos obviar la presencia de una lente tan conspicua y, sin embargo, prácticamente indetectable por los métodos tradicionales.

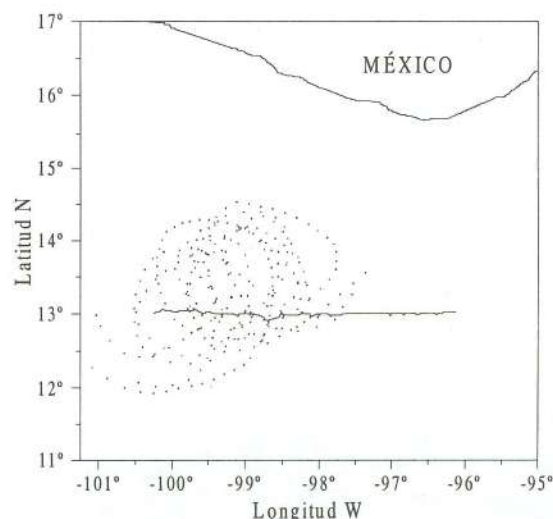


Figura 6b. Posiciones de flotadores dentro de Giro 1 (11 de febrero al 7 de marzo) y trayectoria de la línea Giro 1 (línea sólida).

CONCLUSIONES

Este método permite la observación de características que pueden modificar nuestro conocimiento del funcionamiento de estructuras dinámicas de mesoescala y submesoescala. Se muestra también que es posible observar la estructura horizontal 'fina' del océano con instrumentos y herramientas que ya están disponibles para investigadores en nuestro país.

Por otra parte, el análisis de los datos que se obtienen con el CTDO ondulante revela un problema importante del método actual. Este consiste en lograr que la velocidad de subida y bajada del instrumento sea uniforme. El requisito más importante para lograr buenas alineaciones de temperatura y conductividad es que el perfil de aceleraciones sea parabólico. Tanto el diseño del instrumento como la forma de trabajar en el

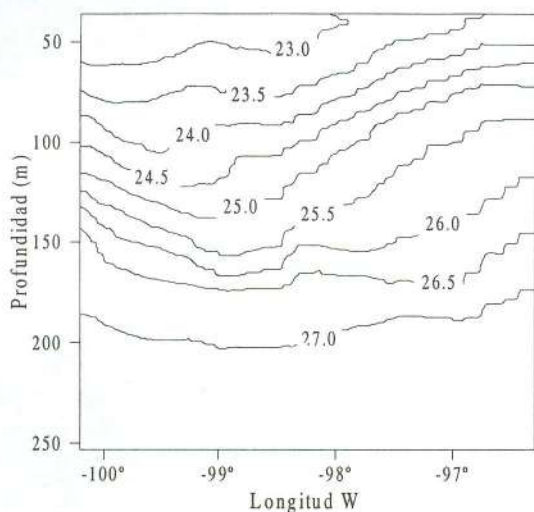


Figura 6c. Sección de densidad a lo largo de Giro 1, CTD ondulante. Nótese que no llega a la superficie.

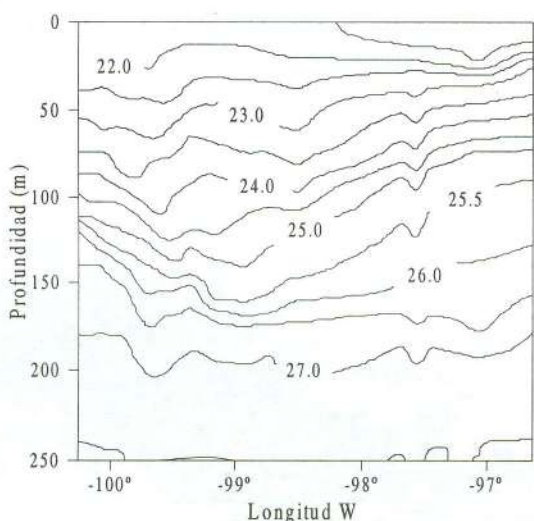


Figura 6d. Sección de densidad a lo largo de Giro 1, CTD convencional.

mar deben tomar esto en cuenta para obtener la máxima información posible del instrumento.

Finalmente, existen por lo menos dos versiones de CTDOs como el de FMT96. Anatoly Filonov trabaja actualmente con un CTDO de ala doble que contiene un SBE19 con razón de muestreo de 2 Hz. Es una versión mejorada del que se usó para coleccionar las observaciones que se presentan aquí. Este instrumento ha dado buenos resultados en el trabajo de campo y se le utiliza rutinariamente para perfilar entre la superficie y los 100 ó 150 m. El autor de este artículo construyó un CTDO de ala sencilla al que se le puede agregar un ala doble para mayor sustentación. Este CTDO incluye un CTD SBE25 con sensores externos y razón de muestreo de 8 Hz. Pruebas realizadas en el campo muestran que este CTDO puede perfilar entre 5 y 300 m de profundidad. Los interesados en utilizar

vehículos ondulantes pueden contactar a A. Filonov (afilonov@udgserv.cencar.udg.mx) para obtener detalles de su construcción y operación.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar el apoyo entusiasta de Anatoliy Filonov, quien proporcionó el CTDO usado para este trabajo. Los comentarios de María Luisa Argote contribuyeron a mejorar el texto sustancialmente.

Este trabajo se realizó con apoyo del CONACyT y de la División de Oceanología del CICESE.

REFERENCIAS

- Filonov, A.E., Monzón C.O., Tereshchenko I.E., 1996, A technique for fast conductivity-temperature-depth oceanographic surveys. *Geofísica Internacional*, vol. 35, N. 4, p. 415-420.
- Pollard, R.T., 1986, Frontal surveys with a towed profiling conductivity/temperature/depth measurement package (SeaSoar). *Nature*, Vol. 232, 2 October, pp 433-435
- Pollard, R.T. and Regier, L., 1990, Large variations in potential vorticity at small horizontal scales in the upper ocean. *Nature*, Vol. 348, 15 November, pp 227-229.
- Trasviña, A., Barton, E.D., Brown, J., Vélez, H.S., Kosro, M. and Smith, R.L., 1995, Offshore Wind Forcing in the Gulf of Tehuantepec, Mexico: the asymmetric circulation. *Journal of Geophysical Research*, OCEANS, Vol. 100, No. C10, pp. 20649-20663.

SISMICIDAD DEL NOROESTE DE MÉXICO

GRUPO RESNOM

Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Apartado Postal #2732, Ensenada, Baja California, México
E-mail: resnor@cicese.mx

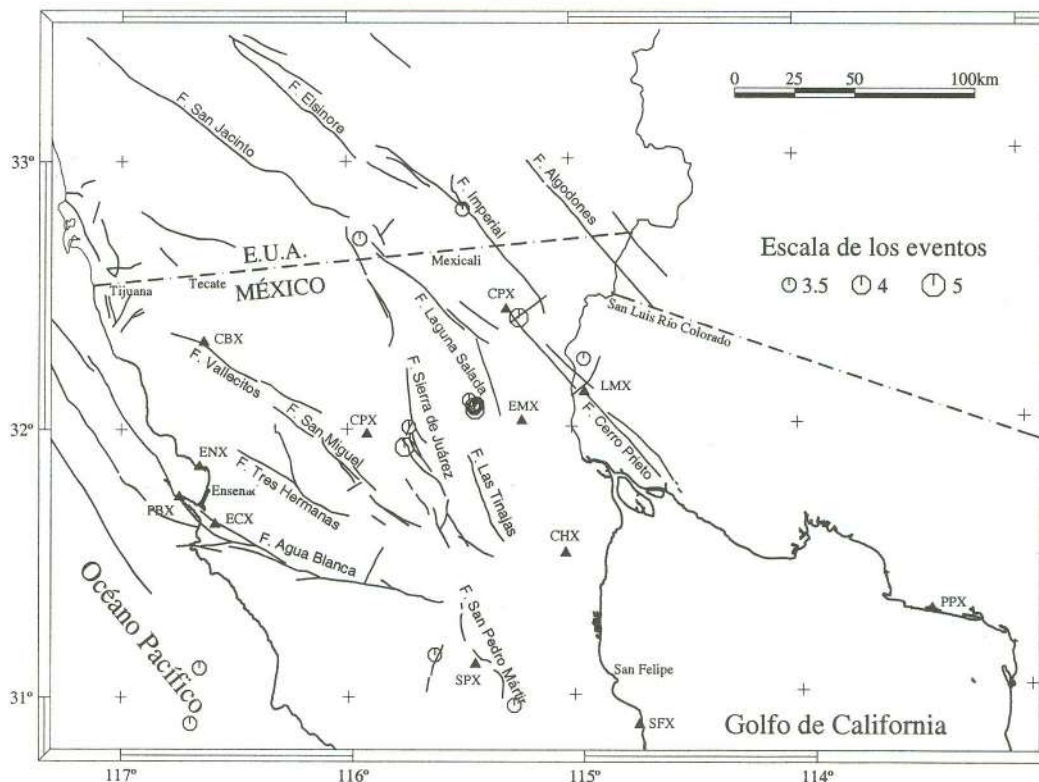
Este Boletín de Información Sísmica tiene como objetivo difundir las localizaciones de los sismos registrados por la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM), en la región norte de Baja California y áreas adyacentes con magnitudes $M \geq 3.5$ en el período comprendido de **Septiembre a Diciembre de 1998**.

La localización de los temblores se realiza con el programa HYPO71 (Lee y Lahr, 1995), en combinación con los modelos de corteza propuestos por Reyes (1979) para el Valle de Mexicali y por Nava y Brune (1982) para el Macizo Rocos en Baja California Norte. La profundidad de los eventos (PROF) se reporta en kilómetros y cuando la fija el operador se indica con un asterisco. El error cuadrático medio (RMS) lo calcula el programa HYPO71 con los residuales de los tiempos de viaje. En la tabla de coordenadas epicentrales también se indica el número de lecturas empleadas par. la localización de los eventos. La magnitud MD se estima con la duración del registro usando las relaciones empíricas propuestas por González y García (1986).

GRUPO RESNOM: Luis Munguía Orozco, Luis Orozco León, Julia del Carmen Sánchez Rodríguez, Oscar Gálvez Valdéz, Francisco J. Farfán Sánchez, Ignacio Méndez Figueroa, Luis Inzunza Romero, Ruth Eaton Montañó.

REFERENCIAS

- González-G., J.J. y García-A. R., 1986, Escala de magnitud-coda para estaciones sismográficas en el norte de Baja California, Resumen extenso en Memorias de la Reunión 1986 de la Unión Geofísica Mexicana, A.C., p. 399-406.
- Lee, W.H. and Lahr J.C., 1975, HYPO 71 (revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes, U. S. Geological Survey, Open-file rept., 75-311.
- Nava, F.A. and Brune J.N. 1982, An earthquake-explosion reversed refraction line in the peninsular ranges of Southern California and Baja California, Bulletin of the Seismological Society of America, 72, 1195-1206.
- Reyes A., 1979, Estudio de microsismicidad del sistema de fallas transformadas Imperial-Cerro Prieto, Informe Técnico GEO79-01, CICESE, 114 p.



TIEMPO				COORDENADAS							REGIÓN
DÍA	HR	MN	SEG	LAT. N	LON. O	PROF.	M _P	RMS	NO		
SEPTIEMBRE 1998											
23	22	31	20.30	31°09.20'	115°37.13'	14.34	3.8	0.17	14	Localizado a 19 km al noroeste de SPX.	
OCTUBRE 1998											
14	14	37	05.10	32°24.52'	115°13.72'	3.00*	4.3	0.28	18	Localizado a 8 km al este de CPX. (norte Falla Cerro Prieto, sentido en el Valle y al sureste de la Ciudad de Mexicali, B.C.).	
15	20	06	01.52	32°48.92'	115°28.57'	11.28	3.6	0.26	19	Localizado a 48 km al norte de CPX. (norte de la Falla Imperial, CA., EUA, sentido en el Valle Imperial, CA, EUA. y en la Ciudad de Mexicali, B.C.).	
18	19	38	32.20	32°04.74'	115°25.91'	3.00*	3.8	0.31	31	Localizado a 50 km al este de RDX. (sur de la Falla Laguna Salada).	
19	06	06	15.43	32°04.56'	115°25.90'	3.00*	3.6	0.10	14	Localizado a 50 km al este de RDX. (sur de la Falla Laguna Salada).	
20	02	53	07.80	32°04.06'	115°25.78'	3.00*	4.2	0.17	14	Localizado a 50 km al este de RDX. (sur de la Falla Laguna Salada).	
20	09	25	27.36	32°00.34'	115°43.55'	13.65	3.7	0.12	14	Localizado a 22 km al este de RDX. (Falla Sierra Juárez).	
20	23	14	20.91	32°05.37'	115°25.24'	14.00*	3.9	0.16	14	Localizado a 52 km al este de RDX. (sur de la Falla Laguna Salada).	
21	13	54	44.03	32°04.48'	115°25.95'	14.00*	3.5	0.09	14	Localizado a 50 km al este de RDX. (sur de la Falla Laguna Salada).	
22	11	06	25.40	32°04.90'	115°25.47'	14.00*	3.5	0.09	14	Localizado a 51 km al este de RDX. (sur de la Falla Laguna Salada).	
NOVIEMBRE 1998											
02	10	16	05.92	31°55.78'	115°44.75'	7.22	4.3	0.09	14	Localizado a 19 km al este de RDX. (Falla Sierra Juárez).	
05	06	18	32.74	30°54.16'	116°41.83'	15.82	3.7	0.09	12	Localizado a 84 km al sur de ECX. (frente a las costas de B.C.).	
19	01	03	14.61	32°06.22'	115°27.28'	13.52	3.9	0.07	10	Localizado a 49 km al noreste de RDX. (sur de la Falla Laguna Salada).	
19	06	25	01.07	32°05.06'	115°26.64'	4.31	3.9	0.13	12	Localizado a 50 km al noreste de RDX. (sur de la Falla Laguna Salada).	
27	03	44	08.85	31°06.58'	116°39.33'	15.89	3.7	0.19	10	Localizado a 61 km al sur de ECX. (frente a las costas de B.C.).	
DICIEMBRE 1998											
04	16	54	02.19	30°57.69'	115°16.26'	10.00*	3.9	0.19	12	Localizado a 21 km al sureste de SPX. (sur de la Falla San Pedro Martir).	
13	07	39	43.54	32°42.61'	115°56.31'	13.00*	3.9	0.13	12	Localizado a 81 km al noreste de CBX. (norte de la Falla Laguna Salada, eua.).	
29	01	46	33.80	32°15.21'	114°56.51'	16.64	3.6	0.16	12	Localizado a 18 km al norte de LMX.	

MEDICIONES DE MAREAS EN LA BAHÍA DE YAVAROS, SONORA

Pedro Rosales, Juan Delgado y Juan Dworak

Departamento de Manejo de Zonas Costeras, Instituto Tecnológico del Mar 03
Carretera al Varadero Nacional, km 4, Sector Playitas, Guaymas, Sonora.

Con el objeto de caracterizar las condiciones del oleaje en periodos invernales, a la vez que obtener una serie de tiempo de la superficie del mar y de las corrientes, efectuamos una campaña para hacer mediciones en la boca de la Bahía de Yavaros, Sonora.

La bahía (Figura 1) se localiza entre los 26°40' y 26°46' de latitud N y entre los 119°25' y 119°34' de longitud W. Por estar en la parte central del Golfo de California, zona de un punto de anfidromía, presenta un régimen de mareas de tipo mixto, principalmente diurnas (Marinone y Lavín, 1997).



Figura 1. Localización del mareógrafo en 1970 y 1971 y del sensor de presión en 1994.

El grupo de zonas costeras del Instituto Tecnológico del Mar (ITMAR), efectuó una campaña de medición de oleaje y mareas durante el periodo del 25 de noviembre al 28 de diciembre de 1994. Para esto se utilizó un sensor de presión del tipo S4 DW Interocean, programado para poder detectar las mareas cada media hora. Del análisis armónico de las mediciones (Tabla 1) se encuentra que la razón entre la marea K1 y la M2 es de 1.49 y se encontró que las componentes MK3 y M4 de las mareas tienen amplitud de 1.3 cm y 1.2 cm, respectivamente. En un análisis de datos de las estaciones mareográficas de la costa occidental de México, Godín et al. (1980) reportaron que sólo los de los años 1970 y 1971 son de buena calidad y mostraron una razón máxima entre las mareas K1 y M2 de 1.25 (Tabla 2).

Tabla 1. Amplitudes (cm) de las componentes diurnas y semidiurnas principales de la Bahía de Yavaros, Sonora.

AÑO	O1	K1	M2	S2	MK3	M4
1994	15.2	32.2	21.7	13.9	1.3	1.2

Aparentemente, las diferencias encontradas en los valores batimétricos y de fricción pueden deberse a que el mareógrafo se ubicó en el interior de la bahía, mientras que el sensor S4 DW estaba localizado en la boca, según se muestra en la Figura 1. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que los datos históricos no representen fielmente a la marea de la localidad, lo que hace necesario iniciar una campaña de monitoreo permanente.

Tabla 2. Amplitudes (cm) de las diurnas y semidiurnas principales de la Bahía de Yavaros, Sonora reportados por Godín et al., 1980.

AÑO	O1	K1	M2	S2
1970	17.3	25.6	20.4	15.5
1971	17.2	25.3	20.7	15.2

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. José Gómez Valdés el habernos sugerido este análisis, así como la revisión crítica al mismo. Este estudio fue parcialmente financiado por la SEMARNAP, Gobierno de Sonora y el COSNET. Agradecemos también al CICESE por el apoyo brindado al tercer autor durante su estancia sabática y a Victor Frías por la edición de las tablas y figura.

REFERENCIAS

- Godín, G., de la Paz-Vela, R., Rodríguez, N., Ortiz, M., 1980, Revisión de los datos de mareas para la costa occidental de México disponibles en el CICESE e interpretación de los resultados. Informe Técnico OC-80-02, 66 pp., 14 Figs.
- Marinone, S.G. y Lavín, M.F., 1997, Mareas y corrientes residuales en el Golfo de California, en: M.F. Lavín, editor, Contribuciones a la Oceanografía Física en México, Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana, p. 113-139.

ENGAÑO

Un engaño o al menos, equivocación muy común, origen de muchas discusiones, malentendidos y desencuentros, es plantear opciones como disyuntivas. Por ejemplo, una madre que quiere obligar a su hijo a comer y le plantea una disyuntiva terminante: "¿Qué quieres, tomar la sopa o irte al infierno?" ¿Por qué esa decisión tan tajante? el niño podría hacer ambas cosas, tomar la sopa e irse al infierno (o ninguna de ellas, por supuesto).

Sin embargo, lo que por el momento me interesa no es hablar de caldos y el Dante sino de una discusión más cercana a nosotros: la supuesta disyuntiva sobre si debe hacerse ciencia aplicada o ciencia básica, con sus respectivos por qué y para qué.

Esta discusión recurrente tiene algunos aspectos divertidos. En primer lugar, suele ser a posteriori. Tenemos todo un Instituto de Investigación, o una Universidad, llena de científicos, buenos y no tanto, algunos de los cuales hacen "investigación aplicada", "investigación básica" y los demás quien sabe. Tenemos este Centro del Saber, con toda su masa y su inercia, y -por ejemplo- con ocasión de la visita de un representante de los que dan la lana se desata acaloradamente esa famosa disyuntiva. Pero, ¿cuál es la idea?, ¿qué los que "pierdan" cambien rápidamente de orientación? ¿o qué se sientan mal y pidan menos dinero?

Otro aspecto interesante de esta -y otras- discusiones es el tinte maniqueísta de la caracterización: Hacer ciencia aplicada es bueno y que hacer ciencia básica es malo o, por lo menos "un lujo que no podemos darnos", etc. Este tipo de argumentación muy eficaz suele manifestarse en frases como "¿qué le ha regresado el Centro de Estudios a la ciudad que lo alberga?" donde el "qué" tiene que poder ser traducible a pesos; una respuesta como conocimiento o alegría sería muy sospechosa y mal vista.

Estos dos aspectos de la discusión, de planteo a posteriori y disyuntiva maniqueísta, están reñidos con la historia y dinámica de la ciencia, por lo que llevan a discusiones acaloradas y sin fin. Uno debería (y sobre todo si su quehacer cotidiano tiene que ver con el pensar ordenadamente, como es el caso de los científicos), uno debería empezar por analizar qué es lo que lleva a una persona a dedicarse a la ciencia, teniendo tantas otras opciones, qué es lo que motiva al que elige esta carrera y qué es lo que hace que un país promueva -o tolere- la formación de centros de investigación. Si la respuesta a esta pregunta, a lo largo del planeta y de los tiempos, no es consistente y exclusivamente de tipo práctico, entonces la disyuntiva entre ciencia aplicada y ciencia básica puede estar infectada de irrealdad y condenada a la esterilidad. Ésta es una pregunta muy importante porque tiene que ver no sólo con lo que le decimos a los que administran los dineros y a los que nos increpan en las cantinas, sino también lo que le decimos a los que queremos atraer a este campo y, por último, lo que le decimos a nuestra conciencia.

El planteo maniqueísta de la falsa disyuntiva entre ciencia aplicada y ciencia básica es astuto pero absurdo. Como también son risibles ciertas confusiones que se han generado al respecto, como identificar aplicada y básica con experimental y teórica o incluso con multi y monodisciplinaria.

En un cuerpo científico sano se dan todas las combinaciones posibles entre aplicado, básico, experimental, observacional, teórico, etc., además de varias zonas grises difíciles de caracterizar. Cuando el auge de los petrodólares, algunos países rezagados intentaron hacer un desarrollo de sólo el aspecto aplicado y no lo lograron. El proyecto Manhattan es uno de los ejemplos más notables (por el esfuerzo humano, monetario que involucró y las consecuencias que tuvo) de trabajo multidisciplinario aplicado, el cual, sin embargo, muchos no tomamos como ideal del quehacer científico. Debemos ordenar nuestra discusión reconociendo que no tenemos en realidad una disyuntiva en la cual hay que elegir, y que ciertamente no estamos obligados a determinar cuál es la parte mala y cuál la buena.

Pedro Ripa, 17/11/98

MEMORIAS
PRIMER SIMPOSIO DEL POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
27-29 DE ABRIL DE 1998

EDITORES
OSCAR CAMPOS ENRIQUEZ
JAIME URRUTIA FUCUGAUCHI

PRESENTACION

Los objetivos de este primer simposio del Posgrado en Ciencias de la Tierra fueron varios. Entre ellos se encuentra el fomentar en los estudiantes las habilidades en la presentación de sus proyectos de investigación ante un auditorio académico especializado. Estas habilidades incluyen capacidad de síntesis y de expresión oral. El fomento de estas habilidades es parte integral de este posgrado y constituye lo que se ha dado en denominar el curriculum oculto de un posgrado.

Es en la praxis en el laboratorio, en la vida colegial de los institutos, y en los foros académicos (congresos, etc.) que la formación del estudiante se va complementando. Es la presencia de los investigadores en este entorno que contribuye decididamente a la preparación de los estudiantes. En particular, son los investigadores adscritos a este programa de posgrado que han asegurado el éxito de este primer simposio del Posgrado en Ciencias de la Tierra. No podía ser de otra manera, ya que es el alto nivel académico de nuestros investigadores que asegura la excelencia académica de nuestro posgrado.

Con este primer simposio también se ha querido contribuir en la vida colegial entre los estudiantes e investigadores de los institutos de investigación y facultades que conforman este programa de posgrado. Un objetivo muy particular es que este primer simposio del Posgrado en Ciencias sirva para que el estudiante amplíe su cultura académica en el área de las Ciencias de la Tierra.

En este primer simposio se presentaron 74 ponencias en las que se exponen los trabajos de investigación de los estudiantes de doctorado. En estas ponencias se hace énfasis en la presentación del problema estudiado, incluyendo los antecedentes, las hipótesis y las metodologías de trabajo, los objetivos y las metas. Este formato fue diseñado para que el estudiante cuente con el marco adecuado para que amplíe su cultura académica en otras áreas de las Ciencias de la Tierra.

Las 74 ponencias cubren áreas del conocimiento como Física Espacial, Sismología, Estratigrafía, Tectónica y Geoquímica, Vulcanología, Física de la Atmósfera, Modelación Computacional de Sistemas Terrestres, Aguas Subterráneas, y Geofísica del Medio Ambiente. Se programaron 17 sesiones. En estas sesiones tuvimos oportunidad de conocer el estado de avance de investigaciones relacionadas con sistemas de diferentes tipos y con diferentes escalas de magnitud.

En un extremo tenemos los estudios concernientes a las condiciones de formación de la materia primigenia universal (en particular de cóndrulos y de inclusiones enriquecidas con calcio o CAIs). A nivel planetario tenemos el estudio del campo magnético y la topografía de Marte, estudio realizado en el marco del proyecto Mars Global Surveyor. La magnetosfera joviana (Júpiter), y de la ionosfera terrestre constituyen las otras dos investigaciones relacionadas con objetos del sistema solar.

Los siguientes trabajos tienen como objeto de estudio el planeta Tierra. Comprenden sistemas de diferentes órdenes de magnitud: el interior sólido del planeta (corteza, manto, litosfera), la atmósfera, a nivel planetario, regional y local. También se investigan sistemas más locales como centros de erupción, sistemas geohidrológicos, y vertederos de desechos urbanos.

En el ámbito de la sismología los trabajos en curso comprenden estudios regionales y locales. Los estudios regionales incluyen el riesgo sísmico en Nicaragua, y en el sur de México (estudios sobre la estructura cortical del sur de México y de la zona de subducción de la Placa de Rivera y Cocos). A nivel local tenemos las investigaciones del comportamiento de las ondas sísmicas en el valle de México. Tenemos singularmente los estudios de sismología volcánica de que es objeto el volcán Popocatepetl. En general estos estudios son ejemplos de las investigaciones relacionadas con el riesgo sísmico y geológico (volcánico) que realizan investigadores adscritos a nuestro posgrado.

En el área de la estratigrafía se incluyen investigaciones sobre el cráter de impacto de Chicxulub (en el norte de la península de Yucatán). En la primera se investiga el registro de las variaciones climáticas a través de evidencias faunísticas, isotópicas, y paleomagnéticas. En otro estudio afín se analiza la escala geomagnética de polaridades alrededor del K/T. También se investiga la relación entre los productos del cráter de impacto (la brecha carbonatada del K/T en el sureste de México) y la producción de hidrocarburos en la sonda de Campeche.

El análisis de ambientes sedimentarios, evolución tectono-sedimentaria y geodinámica de la región costera del Golfo de México (centro-norte de Veracruz, sonda de Campeche, y en general del sureste del Golfo de México), así como la caracterización geoquímica isotópica de fuentes de hidrocarburos en sedimentos marinos constituyen un grupo de investigaciones relacionadas estrechamente con la industria petrolera mexicana.

Tenemos una segunda serie de estudios tectónicos, geoquímicos y geofísicos en áreas claves de los estados de Guerrero y Oaxaca, que están encaminados a establecer la estructura cortical y evolución tectónica del sur de México durante el Paleozoico.

La geoquímica es utilizada también para establecer el origen de la Sierra de Chichinautzin (frontera natural sur del valle de México), de la Sierra de Pinos y el Campo Volcánico de San Luis Potosí (Sierra Madre Occidental), de las rocas volcánicas y depósitos hidrotermales de la región de Taxco (estado de Guerrero). La región de Apan es estudiada desde el punto de vista de la tectónica y de la geoquímica.

En un proyecto muy singular, la geoquímica también es utilizada para determinar la procedencia de materias primas de piezas arqueológicas.

En vulcanología tenemos una serie de estudios relacionados con la estructura de diferentes edificios volcánicos como son calderas (centros geotérmicos y en el Campo Volcánico de San Luis Potosí) y estratovolcanes (Nevado de Toluca, Citlaltépetl, Cofre de Perote, La Malinche), así como las características estratigráficas y sedimentológicas y mecanismos de transporte y depositación de sus productos (flujos piroclásticos de bloques y cenizas, depósitos de avalancha). En estos estudios se analiza la historia eruptiva, se modelan los procesos piroclásticos de flujo superficial, y el riesgo geológico inherente. También se reporta el uso de técnicas geofísicas, el análisis de anomalías magnéticas para el estudio de estructuras volcánicas y su actividad eruptiva. Aquí cabe recordar el estudio sísmico volcánico del volcán Popocatepetl.

En el área de la física y físico-química atmosférica tenemos una serie de estudios de diferentes escalas. A nivel planetario tenemos estudios sobre la dinámica de las fluctuaciones atmosféricas, estudios sobre la estabilidad lineal de flujos atmosféricos barotrópicos, y a una escala regional tenemos el estudio de los efectos de las ondas del este en el sureste mexicano. A nivel local tenemos la modelación de nubes convectivas en la Cuenca de México.

Los restantes estudios de esta área del conocimiento se relacionan con análisis de la contaminación del valle de México, determinación de la distribución vertical de ozono, evolución de la capa límite y su influencia en el transporte de contaminantes en la Zona Metropolitana de Ciudad de México. Tenemos además estudios relacionados con la caracterización físico-química de los contaminantes (aerosoles inorgánicos, acetaldehído, emisión de metano por desechos bovinos), y el desarrollo de un modelo regional de calidad del aire.

También relacionados con la contaminación ambiental tenemos estudios de modelación computacional de sistemas terrestres que incluyen el estudio del problema de derrame de petróleo en el Golfo de México, la modelación matemática y simulación numérica de problemas de flujo de fluidos

(agua subterránea) y de masa (contaminantes) en sistemas multifásicos. Estos últimos incluyen la programación en paralelo. Otros problemas de modelación matemática incluyen el modelado térmico de sistemas geotérmicos de alta entalpía, y el uso de sensores remotos para evaluar el uso de suelos, y la caracterización y monitoreo a escala regional de tepetates.

Los dos últimos grupos de ponencias se relacionan con el estudio de sistemas geohidrológicos de diferentes tipos (zonas desérticas y semidesérticas, cársticos, etc.). Estas investigaciones incluyen el estudio del acuífero cárstico de la ciudad de Mérida (Yucatán), del agua subterránea del valle del Mezquital, del acuífero intermontano del valle de Etla (Oaxaca), del acuífero de Tecamachalco (Puebla), de los valles de Tesistán y Toluquilla (Jalisco), de la ciénega de Chapala (Michoacán), de los acuíferos del centro-sur del estado de Chihuahua, del sistema geohidrológico de la ciudad de Aguas Calientes, del valle de Laguna Seca (Guanajuato), del sistema geohidrológico de la ciudad de Hermosillo, de la recarga de acuíferos en zonas desérticas (Chihuahua), y en el valle de México. En estos estudios se analizan aspectos tales como interacción agua-roca, mecanismos de recarga, métodos para estimar recarga natural en suelos desérticos, evaluación de vulnerabilidad, sobreexplotación, análisis de desarrollo sustentable, operación óptima de acuíferos en tiempo real, concentración de nitratos, diagnóstico de impacto ambiental, evolución geoquímica de un acuífero por lixiviados de un basurero, determinación del coeficiente de dispersividad longitudinal y transversal en un medio cárstico. También se incluye el estudio del impacto en el sistema geohidrológico en una mina, y el estudio geofísico integral de un vertedero de desechos urbanos.

En estos estudios vemos el espíritu del programa de posgrado en participar en el desarrollo del país con contribuciones de alto nivel en áreas de interés práctico y urgente para la sociedad, y son un ejemplo de la fuerte vinculación de nuestro posgrado con la realidad mexicana (su sector productivo). Estos estudios representan contribuciones de alto nivel a la solución de la problemática de la contaminación ambiental en la ciudad de México, y de los recursos geohidrológicos de México, y además proporcionan bases sólidas para el aprovechamiento racional y sustentado de los recursos geohidrológicos y petroleros de México. Son una contribución a la protección de la población y de las obras civiles ante sismos, erupciones volcánicas, huracanes y otros riesgos geológicos.

José Oscar Campos Enríquez

CONTENIDO

Condiciones físicas del medio protoplanetario conducentes a la formación de cóndrulos y CAIs

Daniel Flores Gutiérrez y Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi

Análisis magnetométrico y topográfico del planeta Marte

Antonio Hernández Barosio y Dr. José Francisco Valdés Galicia

Observaciones en el campo magnético y en las partículas en la magnetosfera joviana

Thomas McGowan Edwards y Dra. Silvia Bravo Núñez

Respuesta ionosférica a perturbaciones magnéticas: modelación y validación

Eduardo A. Araujo Pradere y Dr. Hector Pérez de Tejada

Riesgo sísmico de Nicaragua

Fabio Segura Mojica y Dr. Cinna Lomnitz Aronsfrau

Análisis de las fuentes sísmicas y de la estructura cortical para la zona de subducción de las Placas de Rivera y Cocos en la parte central de México

David Escobedo Zenil y Dr. Gerardo Suárez Reynoso

Determinación de la estructura cortical y fuente sísmica utilizando la red de banda ancha del Servicio Sismológico

Carlos Fuentes Vargas y Dr. Javier F. Pacheco Alvarado

Estudio de la fuente sísmica del temblor del 11 de enero de 1997 en las costas de Michoacán, México

Miguel A. Santoyo y Dr. Shri Krishna Singh

Amplificación regional del movimiento sísmico: irregularidades en la estructura y la corteza en el centro de México y efecto del parque inmobiliario en el movimiento sísmico del valle de México

Martín Cárdenas Soto y Dr. Francisco J. Chávez García

Estudio del campo de ondas en el valle de México

José Alvarez Moctezuma y Dr. Cinna Lomnitz Aronsfrau

Sismología volcánica

María Alejandra Arciniega Ceballos y Dr. Carlos Valdés González

Estudio sobre la ocurrencia, origen y estratigrafía de las brechas carbonatadas del Cretácico-Terciario en el sureste de México y sus relaciones regionales

José Manuel Grajales Nishimura y Dr. Dante Jaime Morán Zenteno

Registro de las variaciones climáticas a través de evidencias faunísticas, isotópicas y magnéticas en la región del Chicxulub, México

Marcela Martínez López y Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi

Magnetoestratigrafía y paleomagnetismo del cráter de Chicxulub

Mario Rebolledo Vieyra y Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi

Análisis de ambientes sedimentarios recientes de la región costera norcentral de Veracruz, México

Juan José Kasper Zubillaga y Dr. Arturo Carranza Edwards

Evolución tectono-sedimentaria y su relación con la distribución de las secuencias estratigráficas del Neógeno en el sureste del Golfo de México

Juan Araujo Mendieta y Dr. Eduardo Aguayo Camargo

Geodinámica de la sonda de Campeche

Jaime de Jesús Mandujano Velásquez y Dr. Duncan Keppie

Modelo geoquímico isotópico para la caracterización de fuentes de hidrocarburos en sedimentos marinos

Rubén Darío Arizabalo Salas y Dr. Eduardo Aguayo Camargo

Estudio estructural y tectónico de la porción norte del Complejo Oaxaqueño, estado de Oaxaca, México

Luigi A. Solari y Dr. J. Duncan Keppie

Estructura y evolución tectónica cortical en la zona suroeste de México, región Arteaga, Terreno Guerrero

Frank García Pérez y Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi

Transecto geoquímico-geológico en rocas volcánicas y plutónicas terciarias de la margen suroccidental de México del estado de Oaxaca

Barbara Mary Martiny Kramer y Dr. Dante J. Morán Zenteno

Geología de la Formación Tecamate del complejo Acatlán y su papel en la evolución tectónica del sur de México durante el Paleozoico

José Luis Sánchez Zavala y Dr. Fernando Ortega Gutiérrez

Estudio de la estructura tectónica cenozoica de las regiones centro y noroccidental de Oaxaca

Gilberto Silva Romo y Dr. Dante J. Morán Zenteno

Rasgos geológicos del flanco oriental del Bloque de los Cabos, BCS, México (Avances)

José Antonio Pérez V. y Dr. Peter Schaaf

- Uso de criterios geoquímicos para resolver problemas de procedencia de materias primas de piezas arqueológicas
Jasinto Robles Camacho y Dr. Peter Schaaf
- Modelado geoquímico e isotópico de la Sierra de Chichinautzin
Fernando Velasco Tapia y Dr. Surendra P. Verma
- Petrología y geoquímica de los centros volcánicos de la sierra de Pinos, Zacatecas y su relación con el campo volcánico de San Luis Potosí
Alfredo Aguillón Robles y Dr. José Jorge Aranda Gómez
- Vulcanismo y geometría estructural de la región de Apan
Armando García Palomo y Dr. José Luis Macías Vázquez
- Origen de las rocas volcánicas terciarias y de los depósitos hidrotermales de la región de Taxco, México
Leticia Araceli Alba Aldave y Dr. Dante J. Morán Zenteno
- Relación entre magmatismo y fracturamiento en campos geotérmicos asociados a centros volcánicos cuaternarios
Aida López Hernández y Dr. Gerardo Aguirre Díaz
- Las fuentes de las ignimbritas Cantera y Panalillo en el campo volcánico de San Luis Potosí (¿Calderas o fracturas?), solución a un problema común en la Sierra Madre Occidental
J. R. Torres Hernández y Dr. Claus Siebe Grabach
- Flujos piroclásticos de bloques y ceniza: mecanismos de transporte y depositación
Ricardo Saucedo Girón y Dr. José Luis Macías V.
- Depósitos de avalancha de escombros en el volcán Nevado de Toluca. Características estratigráficas, sedimentológicas y modelación de los mecanismos de emplazamiento. Aplicación del modelo a otros depósitos de avalancha
Lucia Capra Pedol y Dr. José Luis Macías Vázquez
- Evaluación del riesgo volcánico en el Nevado de Toluca (Mapas de riesgo volcánico basados en sistemas de información geográfica)
José Fernando Aceves Quesada y Dra. Ana Lillian Martin del Pozzo
- Estudio vulcanológico de los depósitos de escombros volcánicos en los volcanes Citlaltépetl y Cofre de Perote, en el sector oriental del CVTM
Lozano Velázquez Laura Cristina y Dr. Gerardo Carrasco Núñez
- Historia eruptiva de La Malinche y modelación de procesos piroclásticos de flujo superficial
Renato Castro Govea y Dr. Claus Siebe Grabach
- Estudio de las anomalías magnéticas y su relación con las estructuras geológicas y actividad eruptiva de los complejos volcánicos activos de México, Popocatepetl y Colima
Hector López Loera y Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi
- Análisis del modelo atmosférico barotrópico por medio del método espectral
Ismael Pérez García y Dr. Yuri N. Skiba
- Estudio de la estabilidad lineal de flujos atmosféricos barotrópicos
Eduardo González Espinosa y Dr. Yuri N. Skiba
- Efectos de las ondas del este en el sureste mexicano.
José Antonio Salinas Prieto y Dr. Victor Magaña Rueda
- Modelación de nubes convectivas en la cuenca de México.
Jesús Morfín Garduño y Dra. Graciela Raga
- El problema inverso en observaciones Umkehr y modelación fotoquímica
José Luis Bravo Cabrera y Dr. Carlos Gay García
- Evolución de la capa límite y su influencia en el transporte de contaminantes en la ZMCM: Adaptación de un modelo hidrodinámico
Virginia Mora Perdomo y Dra. Graciela Raga
- Cálculo de la velocidad de fotólisis del acetaldehído
Arturo I. Zúñiga Araiza y M. en C. Armando Báez Pedrajo
- Caracterización físico-química de aerosoles inorgánicos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México
Darío Romero Carrillo y Dr. Luis Gerardo Ruiz Suárez
- Determinación de factores de emisión de metano por desechos de bovinos
Eugenio González Avalos y Dr. Luis Gerardo Ruiz Suárez
- Desarrollo de un modelo regional de calidad del aire
José Agustín García Reynoso y Dr. Luis Gerardo Ruiz Suárez
- Propiedades efectivas de rocas porosas
Oscar Cerapio Valdiviezo Mijangos y Dr. Reynaldo Rodríguez Ramos
- Transporte de masa en el agua subterránea: sistemas multifásicos
María del Carmen Hernández Rendón y Dr. Ismael Herrera Revilla

Modelación matemática computacional del agua subterránea,
flujo y transporte

*Guillermo de Jesús Hernández García y Dr. Jean Pierre Hennart
Boudet*

Modelación matemática y simulación numérica del problema
de derrame de petróleo

David Parra Guevara y Dr. Yuri N. Skiba

Programación en paralelo del método de descomposición de
dominio TH con gradiente conjugado para flujo subterráneo

Joaquín Hernández Pérez y Dr. Ismael Herrera Revilla

Modelado térmico en un sistema hidrotermal de alta entalpía -
aplicación en Los Azufres, Michoacán

Gerardo Hector García Estrada y Dra. Rosa María Prol Ledezma

Aplicación de sensores remotos para evaluar el uso del suelo
en México

Rodolfo Martínez Morales y Dr. Valentino Sorani

Caracterización y monitoreo de tepetates a escala regional
empleando sensores remotos

María Eugenia Miranda Martínez y Dra. Klaudia Oleshko

Análisis de los procesos de adsorción y transporte de
hidrocarburo en sedimentos

Alfonso García Escobar y Dra. María Aurora Armienta Hernández

Operación óptima de acuíferos en aplicaciones de tiempo real

Oscar A. Escolero Fuentes y Dra. Birgit Steinich

ACTA DE LA ASAMBLEA GENERAL DE LA REUNIÓN ANUAL 1998 DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.

El día 11 de noviembre de 1998, siendo las 14:20 horas, se inició la Asamblea General de la Unión Geofísica Mexicana (UGM) ante un foro inicial de 65 miembros y el presidium formado por el Dr. José Gómez Valdés, Presidente, Dr. Fernando García García, Vicepresidente, Dr. Edgar Pavía López, Secretario General, Dr. Josué Álvarez Borrego, Tesorero, Dr. Sóstenes Méndez Delgado, M.C. Luis A. Delgado Argote, Secretario de Difusión y Dr. Miguel Rodríguez González, presentando el siguiente:

ORDEN DEL DÍA

I. Informe de actividades 1997-1998 de la UGM presentado por el Presidente

II. Informe del Tesorero

III. Informe de Difusión

IV. Entrega de premios

V. Asuntos Generales

I. INFORME DE ACTIVIDADES

- a) Se informa sobre las actividades que la UGM ha desarrollado en paralelo con el CICESE en el marco de los festejos del 25 Aniversario de esa institución. Las actividades incluyeron coloquios y conferencias principalmente.
- b) Se promovió la participación en la UGM de centros de investigación emergentes, principalmente de la región del Golfo de California.
- c) Se propone divulgar en los foros de la UGM el 50 Aniversario del Instituto de Geofísica.

II. TESORERIA

- a) Se presenta el informe financiero 1997-1998, el que se incluye en el Anexo I de esta acta.

III. DIFUSIÓN Y EDUCACIÓN

- a) Se presentan los números correspondientes a 1998 de GEOS con nueva presentación.
- b) GEOS se publicó puntualmente con financiamiento parcial de la UGM y a través de un proyecto especial del CICESE.
- c) Se actualizó la página internet de la UGM donde se incluye el Directorio de Miembros, se promueven las actividades de ésta y se observó que un mayor número de participantes a la Reunión han optado por esta vía para enviar sus resúmenes.

d) De acuerdo con lo programado en las reuniones anteriores, se efectuó en Ensenada, Baja California la IV Olimpiada de Ciencias de la Tierra bajo la coordinación del Dr. Enrique Gómez Treviño y se apoyó la organización de la I Olimpiada de Ciencias de la Tierra en Taxco, Guerrero bajo la coordinación del Ing. Israel Castrejón (Gómez Treviño, 1998, Cuarta Olimpiada de Ciencias de la Tierra o las quejas de Atenea, GEOS, V. 18, No. 2, p. 139-144).

e) Se programaron dos cursos para la Reunión Annual 1998, pero se cancelaron.

IV. ENTREGA DE PREMIOS

- a) Se hizo entrega de la Medalla Mariano Bárcena al Dr. Saul Álvarez Borrego y Reconocimientos Especiales de docencia (Ver Anexo II).

V. ASUNTOS GENERALES

- a) Harald Boehnel solicitó a la Mesa Directiva que se pronuncie ante CONACYT a través de un comunicado para que los desaparecidos Proyectos de Infraestructura, tan importantes para el desarrollo de la investigación en México, sean abiertos de nuevo.
- b) René Garduño mencionó la existencia de varias vías de apoyo a las actividades de las Ciencias de la Tierra, que investigará en el transcurso de 1999.
- c) Francisco Núñez Cornú sugirió que se abra un concurso para diseñar un logotipo más moderno para la UGM. d) Se presentó el resultado de una encuesta para considerar la pertinencia de incrementar las cuotas de la UGM. El cuestionario fue el siguiente:

CUESTIONARIO DE DIAGNOSTICO DE LA UGM

1. La inflación estimada para finales de 1998 será de alrededor del 20%.

¿En qué proporción considera usted que la UGM debe incrementar sus cuotas con relación a la inflación?

- a) 20%, b) 10%, c) 40%

2. El número de miembros durante 1998 se incrementó en un 23% después de haber enviado recordatorios de pago. Considero que esa medida es:

a) ofensiva, b) apropiada, c) ineficiente

3. La página electrónica de la UGM es una vía eficiente de información y comunicación para la comunidad geocientífica, sin embargo,

a) debe ser más rica en información,

b) debe ser más amigable,

c) es inútil, d) está perfecta.

El resultado de la encuesta contestada por 32 miembros fue la siguiente:

Pregunta 1:

a) 16/32, b) 14/32, c) 2/32

Pregunta 2:

a) 0/32, b) 31/32, c) 1/32

Pregunta 3:

a) 21/32, b) 4/32, c) 0/32, d) 5/32

Considerando los resultados de la encuesta:

1) se aumentarán las cuotas en un 20%,

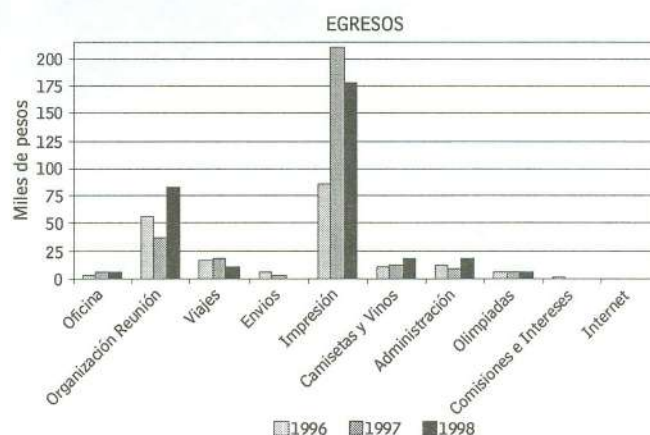
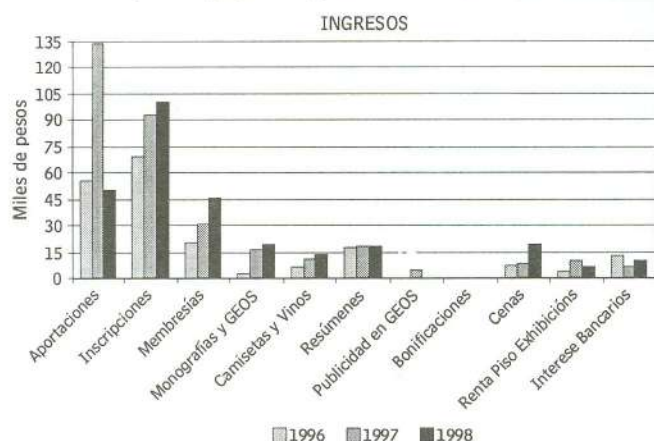
2) Se enviarán de nuevo los recordatorios y se invitará a la comunidad a que promueva el ingreso de nuevos miembros,

3) Se buscará enriquecer la página y se harán ligas con otras asociaciones.

ANEXO I: INFORME FINANCIERO DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C., 1998

Saldo del ejercicio anterior en banco de Ensenada	\$ 114,265.45
Saldo en efectivo en Ensenada	\$ 162.19
Saldo al 31 de diciembre de 1997	\$ 114,427.64
INGRESOS:	\$ 282,913.88
Aportaciones:	\$ 50,000.00
Inscripciones Reunión Anual 1998:	\$ 100,250.00
Membresías:	\$ 45,500.00
Venta de Monografías y GEOS:	\$ 19,086.41
Venta de camisetas y vinos:	\$ 13,450.00
Resúmenes:	\$ 18,550.00
Cenas:	\$ 19,600.00
Renta por piso para exhibición:	\$ 6,500.00
Intereses bancarios:	\$ 9,977.47
EGRESOS:	\$ 321,141.26
Gastos de oficina (papelería):	\$ 5,743.81
Gastos organización reunión anual 1998:	\$ 82,769.82
Gastos de viaje:	\$ 11,500.00
Gastos de envío (mensajería y servicios postales):	\$ 137.50
Gastos de impresión (Publicidad, GEOS y posters):	\$ 177,669.00
Gastos varios (vinos, camisetas):	\$ 18,242.09
Gastos de administración (apoyo secretarial, varios):	\$ 18,188.19
Gastos de Internet:	\$ 430.00
Gastos IV Olimpiada:	\$ 6,300.33
Comisiones e Intereses pagados:	\$ 160.52
SALDO AL 31 DE DICIEMBRE DE 1998:	\$ 76,200.26
Integrado de la siguiente manera:	
Saldo en Banco de Ensenada:	\$ 69,513.37
Saldo en caja chica en Ensenada:	\$ 6,386.89
Saldo en caja chica en México:	\$ 300.00

En las gráficas de ingresos y egresos de los años 1996-1998 resalta que la captación de recursos por concepto de inscripciones, membresías y venta de publicaciones y camisetas y vinos se ha incrementado; pero es importante notar que, a pesar de que el número de trabajos presentados este año fue superior al anterior, los ingresos fueron menores, lo que indica que muchos participantes no pagaron por la impresión de su trabajo. Se captó más dinero por concepto de cenas porque a diferencia de años anteriores, la UGM redujo su apoyo en el pago de cada una de ellas. Se observa una reducción notable en las aportaciones, lo cual se debe a que este año no editamos monografías y no fue necesario contar con apoyos institucionales para cubrir gastos de impresión y edición. Con respecto a los egresos, la inflación se refleja en los gastos de organización (gastos de Hotel) e impresión. En este último se nota un incremento importante en los gastos de GEOS (1996 vs. 1998) el cual se debe principalmente a que aumentamos el tiraje de la revista y a que mejoramos la calidad del papel. Aprovechamos este espacio para agradecer a los muchos colegas que han colaborado con la Mesa Directiva y a los Institutos de Geofísica, Ciencias de la Atmósfera, Geología y al CICESE por el apoyo otorgado en el desarrollo exitoso de las actividades de la UGM.



ANEXO 2: PREMIOS 1998

La Unión Geofísica Mexicana otorgó en su Reunión Anual de 1998 la Medalla Mariano Bárcena y Reconocimientos Especiales a destacadas personalidades de la comunidad de Ciencias de la Tierra. La Medalla Mariano Bárcena la otorga la Mesa Directiva en turno a miembros que se hayan distinguido por una larga trayectoria académica y de investigación y por sus acciones en favor del fortalecimiento de la Unión. Esta es la cuarta vez que se hace entrega de esta distinción y es la primera vez que se otorgan reconocimientos especiales.

En la última reunión, el **Dr. Saúl Alvarez Borrego**, destacado oceanólogo e incansable promotor de las Ciencias del Mar en nuestro país, fue distinguido con la **Medalla Mariano Bárcena 1998**, en reconocimiento a sus logros individuales como investigador científico, como mentor de nuevos investigadores, así como por sus novedosas y variadas acciones, en las dos décadas pasadas, en favor de la descentralización de la investigación científica en México en el área de las Ciencias de la Tierra. Entre sus contribuciones científicas se cuenta el haber terminado con una controversia de medio siglo sobre las proporciones de Redfield, las cuales establecen la relación de los constituyentes del agua de mar que tienen relación con los procesos de la vida. Esta aportación a la Oceanografía Química es considerada como uno de los logros más significativos de su tiempo en las compilaciones de la *American Geophysical Union*. Sus artículos han aparecido en las revistas *Limnology and Oceanography*, *Ciencias Marinas*, *Journal of Geophysical Research-Oceans*, *Geofísica Internacional*, *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, *Applied Optics*, entre otras, así como en libros publicados por prestigiadas casas editoriales. En 1990 recibió el premio Mérito en Ciencia e Ingeniería de la Mexican and American Foundation. Por otro lado, fue el primer investigador del CICESE en ser distinguido con el nivel III en el Sistema Nacional de Investigadores. Destaca también en su trayectoria la fundación de la revista *Ciencias Marinas* en 1974, cuando fungía como director del Instituto de Investigaciones Oceanográficas y de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California. Cabe mencionar que *Ciencias Marinas* ha sido incluida en el *Science Citation Index* al lado de solamente tres revistas mexicanas más. En su labor de 15 años como director general del CICESE, los primeros 7 como director interino por no cumplir el requisito de edad, desplegó un estilo gerencial propio con el que logró imprimirle solidez al rápido crecimiento de esta institución, mediante la introducción de firmes controles académicos y novedosos mecanismos de autoevaluación, mismos que fueron después adoptados por otras instituciones. Sus estrategias para captar y retener investigadores y personal técnico, fructificaron en importantes grupos de investigación y programas de posgrado en oceanología, oceanografía física, sismología, geofísica aplicada y geología, entre otros, con lo que se dio un gran paso en la descentralización de estas actividades. Estos grupos vinieron a fortalecer y diversificar las actividades de la Unión Geofísica Mexicana, a tal grado que, actualmente un alto porcentaje de las ponencias que se presentan en nuestras reuniones anuales provienen de estos grupos y de sus estudiantes de posgrado. Desde 1989 el Dr. Alvarez Borrego se dedica de tiempo completo a labores de investigación y docencia. Finalmente, no está de más mencionar que en 1980, formó parte del comité de cuatro personas que se propuso como tarea el reactivar las funciones de la Unión Geofísica Mexicana, después de que por varios años dejaron de publicarse *Geofísica Internacional* y de efectuarse reuniones anuales.

Para definir el perfil de las personas que recibieron y que en el futuro recibirán **Reconocimientos Especiales**, se consideró que entre las principales preocupaciones de la comunidad científica de nuestro país está la de encauzar a jóvenes estudiantes hacia actividades de investigación. El Sistema Nacional de Investigadores, por ejemplo, está ofreciendo estímulos económicos adicionales a los investigadores de nivel III que dediquen parte de su tiempo a dar cursos a nivel de licenciatura. La Unión Geofísica Mexicana considera importante otorgar reconocimientos a profesores que han realizado este tipo de labores, independientemente de su pertenencia o nivel en el SNI. Se identificó a tres profesores de geofísica que por espacio de tres décadas se han destacado por acciones en esa dirección, porque un porcentaje importante de miembros de la UGM fueron encauzados de una u otra manera por ellos hacia labores de investigación. En esta primera versión se otorgaron reconocimientos a los maestros **Antonio Camargo Zanoguera** de la Universidad Nacional Autónoma de México, **José Luis Comparán Elizondo** de la Universidad Autónoma de Nuevo León y **Ricardo Díaz Navarro** del Instituto Politécnico Nacional. En los próximos años la Unión Geofísica Mexicana contempla hacer extensivos estos reconocimientos a maestros de otras especialidades de las Ciencias de la Tierra que se hayan destacado en la misma dirección, para lo cual esperamos que la comunidad envíe propuestas.

Enrique Gómez Treviño

DIRECTORIO DE MIEMBROS DE LA UGM 1999

La base de datos de la Unión Geofísica Mexicana, A.C., contiene información general de los miembros así como la información de la antigüedad de sus membresías. En ella, se ha asignado a cada miembro un número de afiliación que permitirá efectuar búsquedas más eficientes acerca de su status. La base de datos permitirá tener, también, un historial por miembro de la asistencia a las reuniones.

Con base en este directorio se efectuarán los envíos de los números de las revistas **GEOS** y **GEOFÍSICA INTERNACIONAL**. Por lo anterior, los invitamos a que verifiquen si sus datos están correctos y completos y, en caso de que exista algún error u omisión, nos lo hagan saber vía correo electrónico ugm@cicese.mx o por medio de nuestra página (<http://www.ugm.org.mx>), para evitar cualquier anomalía. Junto con el primer número de **GEOS** de cada año estaremos enviando una credencial de afiliación, la cual le permitirá identificarse para recibir precios especiales en la adquisición de los libros y revistas que la UGM edita; así como obtener precios especiales en la Reunión Anual.

Finalmente, agradeceremos que divulgue la existencia de este directorio entre sus compañeros de institución, con el fin de que aquellas personas que por algún error no hayan recibido las revistas puedan conocer su situación.



Rolando Labacha

Miembro # 999

Reunión Anual 1999
Puerto Vallarta, México
25-29 de Octubre

E-mail: ugm@cicese.mx
Internet: <http://www.ugm.org.mx>

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 1999

No.	Miembro	97	98	99	Nombre	Institución	División o Instituto	Depto. o Facultad	E-mail
1	678	X			Aceves Quesada Fernando	UNAM	Geofísica	Vulcanología	
2	20	X	X	X	Aguirre Díaz Gerardo J.	UNAM	UNICIT/Geología	Vulcanología, Geocronología	gjad@servidor.unam.mx
3	16	X	X		Alaniz Álvarez Susana A.	UNAM	UNICIT/Geología	Geología Estructural	alaniz@servidor.unam.mx
4	271		X		Alatorre Zamora Miguel Angel	UDG	CUCEI	Física Matemáticas	maaz@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx
5	19	X	X		Alatristero Vilchis David Rey	IMP	Exploración y Producción	Prospección Geofísica	adavid@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx
6	668	X	X	X	Alba Valdivia Luis Manuel	UNAM	Geofísica	Paleomagnetismo	lalva@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
7	4	X	X	X	Álvarez Borrego Josué	CICESE	Física Aplicada	Óptica	josue@cicese.mx
8	3	X	X	X	Álvarez Borrego Saúl	CICESE	Oceanología	Ecología	saul@cicese.mx
9	676	X			Álvarez Manilla Alfonso				
10	267	X			Álvarez Sánchez Luis G.	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	lalvarez@cicese.mx
11	8	X	X	X	Aragón Arreola Manuel de Jesús	GEOMAQUE		Geología	geomaque@hm2.com
12	283			X	Ayala Gómez Jorge Javier	UNAM	UNICIT/Geología	Petrología Ignea	jag@servidor.unam.mx
13	18	X			Arellano Gómez Víctor Manuel	IIIE	Geotermia		vag@axp2.iiie.org.mx
14	278		X		Arellano Guadarrama José Fco.	CFE	Residencia de Estudios	Exploración	
15	21		X		Armenta Hernández María Aurora	UNAM	Geofísica	Química Analítica	victoria@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
16	13			X	Arredondo Fragozo Jesús	CFE	Geotermia	Proyectos Geotermoelectricos	cfeinf@mail.giga.com
17	10			X	Arzate Flores Jorge Arturo	UNAM	UNICIT/Geofísica	Exploración Geofísica	arzatej@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
18	287	X	X	X	Axen Gary	UCLA		Earth and Space Sciences	gaxen@ess.ucla.edu
19	296	X	X	X	Bandy William L.	UNAM	Geofísica	Exploración Geofísica	bandy@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
20	28	X	X		Barajas Díaz Pablo	ITESO		Habitat y Desarrollo Urbano	
21	30	X		X	Barragán Reyes Rosa María	IIIE	Geotermia		
22	701			X	Bautista Romero José Jesús	CIBNOR	Impacto Ambiental y Cambio Climático		jbautro@cibnor.mx
23	305		X		Beier Martín Emilio José	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	ebeier@cicese.mx
24	26	X	X		Bermúdez Angulo María Luisa	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	maria@gea.ingen.unam.mx
25	461			X	Bermúdez Juárez María Blanca	BUAP		Ciencias Físico Matemáticas	bbj@xanum.uam.mx
26	711		X		Bernal Franco Gladys	UABC	Investigaciones Oceanológicas	Geoquímica Ambiental	gbernal@bahia.ens.uabc.mx
27	41			X	Birkle Peter	IIIE	Geotermia		birkle@iiie.org.mx
28	37	X	X		Bohnel Norbert Harald	UNAM	UNICIT/Geofísica	Paleomagnetismo	harald@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
29	34		X		Brassee Ochoa Jesús	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	jbrassee@cicese.mx
30	27	X		X	Bravo Cabrera José Luis	UNAM	Geofísica	Radiación Solar	jbravo@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
31	24	X		X	Brito Castillo Luis	CIBNOR	Unidad Guaymas	Hidrología	lbrito@cibnor.mx
32	32	X	X		Buendía Carrera Enrique	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Teoría del Clima	
33	632	X	X	X	Bulgakov Sergey N.	UDG	Astronomía y Meteorología	Física	sbulgano@udg.serv.cencar.udg.mx
34	536	X	X		Burrola Sánchez María Sara	CIBNOR	Zona Costa		sburrola@cibnor.mx
35	324		X	X	Caballero Miranda Cecilia	UNAM	Geofísica	Exploración Geofísica	cecilia@ollin.igeofcu.unam.mx
36	704			X	Cabrera Cano Enrique	UNAM	Geofísica	Geomagnetismo y Exploración	ecabrera@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
37	51		X	X	Calmus Thierry	UNAM	Geología	Estación Regional del Noroeste	tcalmus@servidor.unam.mx
38	246		X	X	Campana Uranga María Fernanda	UAG	Ciencias de la Tierra		
39	325	X	X		Campos Enriquez Oscar	UNAM	Geofísica	Exploración Geofísica	ocampos@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
40	480			X	Candela Pérez Julio	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	jcandela@cicese.mx
41	581	X	X	X	Cañón Tapia Edgardo	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	ecanon@cicese.mx
42	52	X	X	X	Carbajal Pérez Noel	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	Est. Inv. Marinas Mazatlán	noelc@ola.icmyl.unam.mx
43	557	X			Carbonell Ramón	CSIC	Ciencias de la Tierra	Geofísica	rcarbonell@ja.csic.es
44	54		X		Carcone José M.		Observatorio Geofísica Sperimentale		
45	321	X			Cárdenas Solo Martín	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	martin@hermes.ingen.unam.mx
46	331	X			Carrasco Núñez Gerardo	UNAM	Geología	Geología Regional	gerardoc@servidor.unam.mx
47	330	X	X		Carreño Ana Luisa	UNAM	Geología	Paleontología	anacar@servidor.unam.mx
48	694			X	Carrillo García Verónica Karina	CENAM	Óptica	Metrología Física	vcarrill@cenam.mx
49	663	X	X	X	Castrejón González Israel	UAG	Ciencias de la Tierra		
50	541	X	X	X	Castrejón Pineda Héctor Ricardo	UNAM	Ciencias de la Tierra	Geofísica	castrejor@sabce.fi-a.unam.mx
51	47	X	X		Castro Escamilla Raúl	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	raul@cicese.mx
52	45	X		X	Castro Gorea Renato	UNAM	Geofísica	Vulcanología	
53	664	X	X		Charre Meza Adolfo Salomé	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	acharre@cicese.mx
54	68		X	X	Chávez Pérez Sergio	IMP	Sismología de Exploración		
55	624	X			Cifuentes Gerardo	UNAM	Geofísica	Geomagnetismo y Exploración	sergio@orion.expl.imp.mx
56	726		X	X	Cisneros Stojanowski Gerardo	SILICON GRAPHICS			gerardoc@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
57	558	X	X	X	Córdoba Barba Diego	UCM	Ciencias de la Tierra	Geofísica	dcordoba@eucmos.sim.ucm.es
58	683		X	X	Corona Chávez Pedro	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	Geología	pcorona@zeus.ccu.umich.mx
59	58	X			Corona Ruiz Martín	CFE	Campo Geotérmico Cerro Prieto		
60	566	X			Correa Mora Francisco	UNAM	Geofísica	Geoquímica y Exploración	pancho@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
61	723		X	X	Cortés Cortes Abel	UCOL	Observatorio Vulcanológico		cortes@cgc.ucol.mx
62	699			X	Cruz Atienza Víctor Manuel	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	Coordinación de Geofísica	victor@ollin.igeofcu.unam.mx
63	59	X	X	X	Cruz Castillo Manuel	IMP	Gerencia de Geociencias		
64	309		X		Cuenca Julio César	UNAM	Ingeniería		
65	686		X		Cupul Magaña Amílcar Levi	UDG		Recursos Naturales	cmagana@vallarta.cuc.udg.mx
66	559	X	X	X	Dañobetia Juan José	CSIC	Ciencias de la Tierra	Geofísica	jdandobetia@ja.csic.es
67	342	X			Davydova Beliskaya Valentina	UDG	Astronomía y Meteorología	Física	vdavidov@udg.serv.cencar.udg.mx
68	69	X	X	X	De Cserna Gombos Zoltan	UNAM	Geología	Geología Regional	
69	72		X	X	De la Cruz Reyna Servando	UNAM	Geofísica	Vulcanología	sdelacruz@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
70	82	X	X	X	Delgado Argote Luis Alberto	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	ldelgado@cicese.mx
71	75	X		X	Delgado Contreras Juan Antonio	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	jdelgado@cicese.mx
72	338		X	X	Delgado Granados Hugo	UNAM	Geofísica	Sismología y Vulcanología	hugo@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
73	688		X		Díaz Navarro Ricardo	IMP	Geofísica		ricky@orion.expl.imp.mx
74	454	X	X	X	Diego Orozco Arturo	IMP	Exploración y Producción	Geofísica	arturo@orion.expl.imp.mx
75	84			X	Dominguez Reyes Tonatiuh	UCOL	Ciencias del Ambiente		tonatiuh@ucol.mx
76	341	X	X	X	Dworak Robinson Juan A.	SEP	Tecnológico del Mar	Investigación	
77	573	X			Elias Herrera Mariano	UNAM	Geología	Geología Regional	elias@servidor.unam.mx
78	86	X	X	X	España Hernández Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	fesparz@cicese.mx
79	87	X	X	X	Espindola Castro Juan Manuel	UNAM	Geofísica	Vulcanología	jme@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
80	88	X	X	X	Espinosa Cardeña Juan Manuel	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	jespino@cicese.mx
81	92	X			Fabriel Beauville Hubert	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	hfabriel@cicese.mx
82	346	X	X	X	Farreras Sanz Salvador	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	sfarrera@cicese.mx
83	91	X	X		Ferrari Pedraglio Luca	UNAM	UNICIT/Geología	Tectónica	luca@servidor.unam.mx
84	137	X	X	X	Filonov Anatoly E.	UDG	CUCEI	Física Matemáticas	afilonov@udg.serv.cencar.udg.mx
85	97	X	X		Fletcher John M.	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	jfletche@cicese.mx
86	679	X			Flores Cruz Fernando				
87	348	X	X	X	Flores Luna Carlos Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	cflores@cicese.mx
88	675	X	X	X	Forsythe Lance	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	forsythe@cicese.mx
89	96	X	X	X	Frez Cárdenas José	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	jofrez@cicese.mx
90	680	X	X	X	Fuentes Vargaz Carlos	UNAM	Geofísica	Sismología	carlos@ollin.igeofcu.unam.mx

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 1999 (continuación)

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
1	678	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
2	20	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Oro.	México	76001	1-742
3	16	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Oro.	México	76001	1-742
4	271	Prof. el Mediero #517 Mod. F-201	San Gilberto	Zapopan	Jal.	México	45150	
5	19	Temaca #6241	Aragón Inguarán	México	D.F.	México	07820	
6	668	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
7	4	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
8	3	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
9	676	Circuito Jardín #356-3	Alamos 3ª Sección	Querétaro	Oro.	México	76160	
10	267	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
11	8	181, Univ. Av. Suite 1210		Toronto	ON.	Canada	M5h3M7	
12	283	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Oro.	México	76001	1-742
13	18	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
14	278	C. Pascualitos-Pescaderos Km. 26.5	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	3636
15	21	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
16	13	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	
17	10	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Oro.	México	76001	1-742
18	287	UCLA - Box 951567		Los Angeles	CA.	USA	90095-1567	
19	296	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
20	28	Periférico Sur #8585		Tlaquepaque	Jal.	México	45090	31-175
21	30	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
22	701	Lic. Primo Verdad #206, Depto. 7	Zona Centro	La Paz	B.C.S.	México		
23	305	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
24	26	Calle 128A #29-15 Depto. 403		Santa Fé de Bogotá	Bogotá	Colombia		
25	461	Priv. 29 Ote. #1816	El Mirador	Puebla	Pue.	México	72540	
26	711	Villa de San Miguel #36	San Miguel	Ensenada	B.C.	México	22760	
27	41	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
28	37	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Oro.	México	76001	1-742
29	34	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
30	27	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
31	24	Km. 2.35 Camino al Tular	Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
32	32	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
33	632	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México	44100	
34	536	Km. 2.35 Camino al Tular	Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
35	324	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
36	704	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
37	51	Apdo. Postal 908		Hermosillo	Son.	México	83000	
38	246	Hacienda Xajay #426	Echegaray	Naucaupan	EdoMéx.	México	53300	
39	325	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
40	480	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
41	581	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
42	52	Apdo. Postal No. 811		Mazatlán	Sin.	México	82000	811
43	557	Lluís Solé i Sabaris s/n		Barcelona	España		08028	
44	54	P.O. BOX 2011		Opicina	Trieste	Italy	34016	2011
45	321	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70472
46	331	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
47	330	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
48	694	Carrada Heriberto Jara #18	F. V. Querétaro	Querétaro	Oro.	México	76000	
49	663	Callejón de la Garfía #14	Centro	Taxco	Gro.	México	40200	
50	541	10 Ote. Mz. 33, L. 6	Isidro Fabela	México	D.F.	México	14030	
51	47	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
52	45	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
53	664	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
54	68	Shelldand # 348	Cosmopolita	Azcapotzalco	EdoMéx.	México		
55	624	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
56	726	Av. Vasco de Quiroga #3000	Santa Fé	México	D.F.	México	01210	
57	558	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
58	683	Edif. U. Universidad Michoacana	Ciudad Universitaria	Morelia	Mich.	México	58070	
59	58	C. Pascualitos-Pescaderos Km. 26.5	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	
60	566	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
61	723	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	
62	699	5 de Mayo #117	Tepepan	México	D.F.	México	16020	
63	59	Av. Volcán Fernandina #92	El Mirador	México	D.F.	México	14449	
64	309	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
65	686	Av. Universidad #203	Delegación Ixtapa	Puerto Vallarta	Jal.	México		
66	559	Lluís Solé i Sabaris s/n		Barcelona	España		08028	
67	342	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México	44100	
68	69	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
69	72	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
70	82	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
71	75	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
72	338	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
73	688	Hacienda Ajuluapan #107	Hacienda Echegaray	Naucaupan	EdoMéx.	México	53310	
74	454	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	Col. San Bartolo Alephhuacán	México	D.F.	México	07730	
75	84	Av. Universidad #333		Colima	Col.	México		
76	341	Km. 4, Carret. a Varadero Nacional	Sector Playitas	Guaymas	Son.	México	85425	742
77	573	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
78	86	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
79	87	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
80	88	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
81	92	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
82	346	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
83	91	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Oro.	México	76001	1-742
84	137	Rio Autlan #2180-34	Altas	Guadalajara	Jal.	México	44421	
85	97	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
86	679	Antonia Nava s/n Esc. Pri. Makarenko	Carmen Serdán	México	D.F.	México	04910	
87	348	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
88	675	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
89	96	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
90	680	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 1999

No.	Miembro	97	98	99	Nombre	Institución	División o Instituto	Depto. o Facultad	E-mail
91	108	X	X	X	Galicia Pérez Marco Antonio	UCOL	CEUNIVO		galicia@volcan.ucol.mx
92	578	X	X		Gallegos Cruz Apolonio	IPN	Ciencias Básicas	Física	
93	101	X	X	X	García Abdeslem Juan	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	lgarcia@cicese.mx
94	104	X	X	X	García Arthur Rosalia	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	arthur@cicese.mx
95	368	X	X	X	García García Fernando	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Meteorología General	dire@mvica.atmosfvc.unam.mx
96	537			X	García Gutiérrez Alfonso	IIE	Geotermia	Fuentes Alternas de Energía	agarcia@ie.org.mx
97	358		X	X	Garduño López Rene	UNAM	Ciencias de la Atmósfera		
98	100	X	X		Garduño Monroy Víctor Hugo	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	Ingeniería Química	vgmonroy@zeus.cci.umich.mx
99	724		X	X	Gavilanes Ruiz Juan Carlos	UCOL	Observatorio Vulcanológico		gavilan@cgc.ucol.mx
100	119	X	X	X	Gaviño Rodríguez Juan Heberto	UCOL	Oceanografía Física	Ciencias Marinas	gavinho@volcan.ucol.mx
101	366		X	X	Gay García Carlos	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Meteorología General	ggarcia@servidor.unam.mx
102	122	X	X	X	Glowacka Ewa	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	glowacka@cicese.mx
103	121	X	X	X	Gómez Treviño Enrique	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	egomez@cicese.mx
104	112	X	X	X	Gómez Valdés José	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	lgomez@cicese.mx
105	672	X	X	X	González Fernández Antonio	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	mindundi@cicese.mx
106	113	X	X		González García José Javier	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	javier@cicese.mx
107	118		X		González Morales Carlos Alberto	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	cgonzalez@cicese.mx
108	99		X		González Morán Tomás	UNAM	Geofísica	Recursos Naturales	tglez@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
109	690		X		Gorsline Donn S.	USC		Earth Sciences	gorsline@earth.usc.edu
110	370	X	X		Graef Ziehl Federico	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	fgraef@cicese.mx
111	388	X	X		Grajales Nishimura Manuel	IMP	Exploración	Geociencias	grajales@geologia.unam.mx
112	570	X	X		Green Ruiz María de Jesús	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	Geología Marina	mgreen@ola.icmyl.unam.mx
113	111	X	X		Guerrero García José C.	UNAM	Geología	Geoquímica	josec@servidor.unam.mx
114	110			X	Guerrero Guadarrama José Luis	CFE	Geotermia	Proyectos Geotermoelectricos	geoexpl@mic1.telimex.net.mx
115	126	X			Helenes Escamilla Javier	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	jhelenes@cicese.mx
116	125		X	X	Herguera García Juan Carlos	CICESE	Oceanología	Ecología	herguera@cicese.mx
117	572	X	X	X	Hernández Bernal María del Sol	UNAM	Geología	Geología Regional	msol@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx
118	582	X			Hernández Guerrero Joel	PEMEX	Integración e Interpretación	Activo Macuspana	zyanya@hotmail.com
119	564	X			Hernández Treviño Teodoro	UNAM	Geofísica	Exploración y Geomagnetismo	tht@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
120	689		X		Herrera Charles Roberto	IPN		CITEDI	charles@citedi.mx
121	387		X		Hinojosa Corona Alejandro	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	ahinc@cicese.mx
122	386			X	Huerta López Carlos I.	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	huerta@cicese.mx
123	669	X			Hughes Simón	UNAM	Geofísica	Vulcanología	shuhs@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
124	127	X	X	X	Huidobro González Adolfo	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	lermo@inti.ingen.unam.mx
125	128		X		Huizar Alvarez Rafael	UNAM	Geología	Geología Regional	huizar@servidor.unam.mx
126	719		X	X	Hutton Wallis	U. WISCONSIN	Geophysical		wallis@geology.wisc.edu
127	700			X	Iglesias Mendoza Arturo	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	Coordinación de Geofísica	amg@tornado.com.mx
128	722		X		Israde Alcántara Isabel	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	Ingeniería Civil	aisrade@zeus.cci.umich.mx
129	131		X		Jacques Ayala Cesar	UNAM	Geología	Estación Regional del Noroeste	jacques@servidor.unam.mx
130	130		X		Jáuregui Ostos Ernesto	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Meteorología General	ejos@mvica.atmosfvc.unam.mx
131	133	X			Jiménez Illescas Angel R.	IPN	CICIMAR	Oceanología	ajimenez@ipn9021.ipn.mx
132	132	X			Jiménez Jiménez Zenon	UNAM	Geofísica	Sismología	zenon@igeofcu.unam.mx
133	735			X	Jiménez Sergio	UABC			
134	395		X	X	Juárez S. Faustino	UNAM	Geofísica	LUGIS	tino@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
135	153			X	Keller Torres Jaime	UNAM	Ciencias Básicas	Química	keller@servidor.unam.mx
136	238			X	Koshevaya Svetlana S.	INAOE			svetleana@tonali.inaoep.mx
137	135	X	X	X	Kostoglodov Vladimir	UNAM	Geofísica	Sismología	vladimir@olin.igeofcu.unam.mx
138	640	X			Kotsarenko Nikola Y.	UNAM	Geofísica	Física Espacial	kotsaren@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
139	136	X			Kouzoub Nikolai	UANL	Ciencias de la Tierra		nkouzoub@ccr.dsi.uanl.mx
140	655	X			Kuraica Ogie	KINEMETRICS	Sales Manager		sales@kmi.com
141	61			X	Lara Lara Ruben	CICESE	Oceanología	Ecología	lraa@cicese.mx
142	598	X			Lares Reyes María Lucila	CICESE	Oceanología	Ecología	llares@cicese.mx
143	141	X	X		Lavín Peregrina Miguel F.	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	mlavin@cicese.mx
144	399	X	X		Lázaro Mancilla Octavio	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	olazaro@cicese.mx
145	483	X	X	X	Ledesma Vázquez Jorge	UABC	Geología	Ciencias Marinas	ledesma@bahia.ens.uabc.mx
146	404	X	X	X	Lermo Sarnanigo Javier Fco.	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	lermo@inti.ingen.unam.mx
147	602	X			Lira Herrera Héctor	CFE	Residencia General Cerro Prieto	Estudios	
148	730		X	X	Lluch Cota Daniel Bernardo	CIBNOR	Geología Marina		dblluch@cibnor.mx
149	731		X		Lluch Cota Salvador Emilio	CIBNOR	Geología Marina		
150	273		X		Lobato Sánchez René	IMTA	Hidrología	Hidrometeorología	rlobato@tajin.imta.mx
151	681			X	López Loera Héctor	UNAM	Geofísica	Geomagnetismo	lopezdes@col1.telimex.net.mx
152	146	X			López Mariscal Juan Manuel	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	malope@cicese.mx
153	691			X	López Martínez Juana	CIBNOR	Evaluación y Manejo de Recursos		jlopez@cibnor.mx
154	145	X	X	X	López Martínez *argarita	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	marlopez@cicese.mx
155	398	X			Lozada Zumasta Manuel	IMP	Exploración Geofísica		manuel@orion.explimp.mx
156	615	X	X		Machain Castillo María Luisa	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	Geología Marina	machain@ola.icml.unam.mx
157	653	X			Magaña Rueda Víctor Orlando	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Meteorología General	victor@belenos.atmosfvc.unam.mx
158	542			X	Makarov Vyacheslav G.	IPN	CICIMAR		
159	175	X			Marinone Moschetto Silvio Guido L.	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	marinone@cicese.mx
160	157	X	X	X	Márquez Azúa Bertha	UDG	Estudios Históricos y Humanos	Geografía y Ordenación Terr.	bmarquez@cencar.udg.mx
161	677	X	X		Márquez González Alvaro	UCM	Petrología y Geoquímica	Ciencias Geológicas	alvaromg@eucmax.sim.ucm.es
162	319			X	Marshall Kyle Jeffrey	FRANKLIN MARSHALL C	Keck Institute	Geosciences	j_marshall@fandm.edu
163	673	X	X	X	Martín Atienza Beatriz	UCM	Ciencias de la Tierra	Geofísica	mindundi@cicese.mx
164	2	X	X		Martín Barajas Arturo	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	amartin@cicese.mx
165	408	X	X	X	Martínez García Mario	CIBNOR	Dirección General		mmartine@cibnor.mx
166	156	X			Martínez Serrano Raymundo G.	UNAM	Geofísica	Exploración Geofísica	rms@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
167	630	X			Martínez Zatarain Alejandro	UDG	Astronomía y Meteorología	Física	amartine@udgserv.cencar.udg.mx
168	667	X	X	X	Matthes Miguel	APASCO	Ingeniería	Geología	
169	697			X	Mazariegos Alfaro Rubén Alberto	U TEXAS PANAMERICAN		Physics and Geology	rubenm@panam.edu
170	436	X			Mejía Trejo Adán	UABC	Investigaciones Oceanológicas	Oceanografía Física	amejia@bahia.ens.uabc.mx
171	164	X	X	X	Méndez Delgado Sóstenes	UANL	Ciencias de la Tierra		somendez@ccr.dsi.uanl.mx
172	427			X	Mendieta Jiménez Francisco Javier	CICESE	Dirección General		jmediet@cicese.mx
173	631		X		Meulnert Peña Angel R.	UDG	Astronomía y Meteorología	Física	ameulene@udgserv.cencar.udg.mx
174	95	X			Michaud Francois	U PIERRE ET M. CURIE	Laboratoire de Géodynamique	UMR GeoSciences Azur	micho@ccv.obs-vlfr.fr
175	709			X	Milán Valdés Marcos	IPN	ESIA	Geología	milan@mexico.com
176	167	X	X		Montesinos Silva Genaro	UGTO	Ciencias Agrícolas	Agronomía	genaros@dulcinea.ugto.mx
177	414		X	X	Monzón Cesar Octavio	UDG	CUCEI	Física Matemáticas	monzon@cucel.udg.mx
178	450			X	Morales Blake Alejandro	UCOL		Ciencias Marinas	mblake@volcan.ucol.mx
179	421	X	X		Morán Zenleno Dante Jaime	UNAM	Geología	Geoquímica	dante@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
180	173	X	X	X	Morandi Soana María Teresa	U. DE LOS ANDES	Laboratorio de Geofísica	Ciencias	maria@ciens.ula.ve

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 1999 (continuación)

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
91	108	Apdo. Postal 275	Zona Centro	Manzanillo	Col.	México	28200	275
92	578	Té #950	Iztacalco	México	D.F.	México	08400	
93	101	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
94	104	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
95	368	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
96	537	Av. Reforma #113	Palma	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
97	358	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
98	100	Av. Rey Tiaricuri #374-D	Villabell	Morelia	Mich.	México	58090	
99	724	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	
100	119	Apdo. Postal 275	Zona Centro	Manzanillo	Col.	México	28200	275
101	366	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
102	122	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
103	121	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
104	112	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
105	672	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
106	113	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
107	118	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
108	99	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
109	690			Los Angeles	CA	USA	90089-0740	
110	370	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
111	388	Tokio #921 202B	Portales	México	D.F.	México	03300	
112	570	Explanada de la Azada y Crestón		Mazatlán	Sin.	México	82040	
113	111	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
114	110	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	
115	126	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
116	125	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
117	572	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
118	582	Av. Sitio Grande #2000 Edif. 3 1 Piso	Fracc. Carrizal	Villahermosa	Tab.	México	86035	270
119	564	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
120	689	Av. del Parque #1310	Mesa de Olay	Tijuana	B.C.	México	22510	
121	387	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
122	386	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
123	669	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
124	127	Av. México #120	Del Carmen	México	D.F.	México	04100	
125	128	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
126	719	1215 West Dayton St.		Madison	WI.	USA	53706	
127	700	Siracusa #130, Edif. 5-B-22	Lomas Estrella	México	D.F.	México	09890	
128	722	Edif. U. Universidad Michoacana	Ciudad Universitaria	Morelia	Mich.	México	58070	
129	131	De la Rivera #21		Hermosillo	Son.	México	83288	
130	130	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
131	133	Colegio Militar #192	Estelito	La Paz	B.C.S.	México	23020	592
132	132	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
133	735	Km. 106 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	
134	395	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
135	153	Fuente de la Juventud #64	Tecamachaico	Naucaupan	EdoMéx	México	53950	
136	238	Apdo. Postal 51		Puebla	Pue.	México	72000	
137	135	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
138	640	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
139	136	Pedro Noriega #569 Sur		Linares	N.L.	México	67700	
140	655	222 Vista Avenue		Pasadena	CA.	USA	91107	
141	61	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
142	598	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
143	141	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
144	399	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
145	483	Km. 106 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	453
146	404	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70-472
147	602	C. Pascualitos-Pescaderos Km. 3.5	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	3636
148	730	Km. 1. Carret. San Juan de la Costa	El Comitán	La Paz	B.C.S.	México	23000	128
149	731	Km. 1. Carret. San Juan de la Costa	El Comitán	La Paz	B.C.S.	México	23000	128
150	273	Paseo Cuauhnahuac #8532	Progreso	Juilepec	Mor.	México	62550	
151	681	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
152	146	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
153	691	Retorno Mondorica #2056	Infonavi	La Paz	B.C.S.	México	23070	
154	145	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
155	398	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	Col. San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México	07730	
156	615	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70305
157	653	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
158	542	Av. IPN s/n	Playa Polo de Sta. Rita	La Paz	B.C.S.	México	23096	
159	175	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
160	157	Av. Maestros y Mariano Bárcena		Guadalajara	Jal.	México	44260	
161	677	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
162	319	625 W. Chestnut St.		Lancaster	PA.	USA	17604	
163	673	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	
164	2	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
165	408	Km. 1. Carret. San Juan de la Costa	El Comitán	La Paz	B.C.S.	México	23000	128
166	156	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
167	630	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México	44100	
168	667	Campos Eliseos #345, Piso 16	Polanco	México	D.F.	México	11550	
169	697	810 Pacific Ave.		Edinburg	TX.	USA	78539	
170	436	Km. 106 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	453
171	164	Carret. Cerro Prieto Km. 8	Hacienda de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	
172	427	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
173	631	Av. Las Praderas #320	Prados Vallarta	Zapopan	Jal.	México	45020	
174	95	La Darse B-P #48		Villefranche sur Mer	París	France	06230	
175	709	Acueducto #63	Acueducto	México	D.F.	México	01120	
176	167	Apdo. Postal #311		Irapuato	Gto.	México	36500	311
177	414	M. García Barragán y Corregidora		Guadalajara	Jal.	México	44421	
178	450	Villa Florencia #54	Fracc. Soleares	Manzanillo	Col.	México	28869	
179	421	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
180	173	Yagrumo, Quinta Frailejón	Sta. María Sur	Mérida	Venezuela		05101	

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 1999

No.	Miembro	97	98	99	Nombre	Institución	Division o Instituto	Depto. o Facultad	E-mail
181	619	X	X		Mortera Gutiérrez Carlos A.	UNAM	Geofísica	Sismología y Vulcanología	carlosm@olin.igeofcu.unam.mx
182	608	X			Moya Juan Carlos	U. COLORADO		Geological Sciences	moya@creep.colorado.edu
183	439			X	Munehisa Sawada	CENAPRED			sawada@cenapred.unam.mx
184	160	X	X	X	Munguía Orozco Luis	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	lmunguia@cicese.mx
185	434	X	X		Murrieta José Luis	UNAM			
186	176		X		Natividad Baizabal Miguel Angel	UVER	Meteorología Aplicada	Instrumentación Electrónica	
187	177	X	X	X	Nava Pichardo Alejandro	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	fnava@cicese.mx
188	670	X	X		Nava Sánchez Enrique H.	IPN	CICIMAR	Oceanología	enava@vmredipn.ipn.mx
189	609			X	Nevárez Martínez Manuel Otilio	INP	CRIP Guaymas		nevarez@altavista.net
190	181	X	X		Nieto Samaniego Angel Francisco	UNAM	UNICIT/Geología	Geología Estructural	afns@servidor.unam.mx
191	696		X	X	Norzagay Campos Mariano	UNAM	Geofísica	Exploración	nmunoz@debtel.com.mx
192	182	X	X	X	Núñez Comú Francisco Javier	UDG	CUC, Vallarta	Geografía y Ordenación Terr.	fcornu@vallarta.cuc.udg.mx
193	183	X	X	X	Ocampo Torres Francisco Javier	CICESE	Oceanografía Física	Oceanografía Física	ocampo@cicese.mx
194	452	X		X	Ochoa De la Torre José Luis	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	jchoa@cicese.mx
195	455	X	X		Oda Noda Bertha	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Teoría del Clima y Predicción	
196	714		X	X	Oleshko Klaudia	UNAM	Geología	Edalogía	siebe@servidor.unam.mx
197	568	X	X		Orozco Esquivel María Teresa	UANL	Ciencias de la Tierra		morocho@ccr.dsi.uanl.mx
198	568			X	Orozco Esquivel María Teresa	UNAM	UNICIT/Geología		lorozco@conin.unific.unam.mx
199	665	X	X	X	Orta Francisco	APASCO	Ingeniería	Geología	
200	652			X	Ortega Guerrero Marcos Adrián	UNAM	UNICIT/Geología	Hidrogeología	maog@servidor.unam.mx
201	466			X	Ortega Rivera María Amabel	UNAM	UNICIT/Geología		amabel@servidor.unam.mx
202	713		X	X	Ortiz Alemán Carlos	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	Coordinación de Geofísica	carlosa@servidor.unam.mx
203	191	X	X	X	Pacheco Alvarado Francisco Javier	UNAM	Geofísica	Sismología	javier@olin.igeofcu.unam.mx
204	549	X			Padilla Arredón Gustavo	CIBNOR	Unidad Guaymas	Geología	gpadilla@cibnor.mx
205	189		X		Palma Guzmán Sergio Hugo	CFE	Geotermia		
206	190		X		Palma Pérez Oswaldo	CFE	Geotermia		
207	201	X	X		Pavía López Edgar	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	epavia@cicese.mx
208	205		X		Payero De Jesús Juan S.	UASD		Física	jpayero@tricom.net
209	202	X			Paz Moreno Francisco A.	USON	Geología		paz@geologia.uson.mx
210	66	X			Pedrin Avilés Sergio	CIBNOR	Geología Marina y Geoquímica		spedrin@cibnor.mx
211	286			X	Pelaez Salvador Roberto				pelaez@yahoo.com
212	706		X		Peraza Vizcarra Ramón	UAS		Ciencias del Mar	
213	200	X			Pereyra Díaz Domitilo	UVER	Meteorología Aplicada	Instrumentación Electrónica	dpereyra@speedy.coacadec.uv.mx
214	457		X	X	Pérez de Tejada Héctor	UNAM	CECIMAC	Física Espacial	hector@ifunam.ifisicaen.unam.mx
215	463		X		Pérez Enrique Román	UNAM	UNICIT/Geofísica	Relación Sol-Tierra	roman@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
216	576			X	Pérez García Ismael	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Teoría del Clima y Predicción	ismael@servidor.unam.mx
217	195		X		Pérez Rocha Luis Eduardo	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	Coordinación de Geofísica	
218	197	X	X		Pérez Venzor José Antonio	UABCS	Ciencias del Mar	Geología	japerez@calafia.uabcs.mx
219	250	X	X		Peterson Villalobos Héctor	LIBRA			libra@telnor.net
220	671	X			Prieto Mendoza Jesús José	UABCS			jprieto@calafia.uabcs.mx
221	207	X			Quintero Legorreta Odranuel	UNAM	Geología	Geología Regional	odranuel@servidor.unam.mx
222	674	X	X	X	Ramírez Hernández Jorge	UABC	Ingeniería	Ciencias de la Tierra	ramirez@csiam1.mxl.uabc.mx
223	638		X	X	Ramírez Herrera María Teresa	UNAM	Geografía	Geografía Física	mteresa@igiris.geograf.unam.mx
224	496	X	X	X	Ramírez Ruiz Juan José	UCOL	Observatorio Vulcanológico		
225	211	X	X	X	Ramírez Trejo Ana Rosa				
226	212	X			Ramírez Vázquez Carlos Ariel	UCOL	CICBAS	RESCO	carlosr@cgc.icol.mx
227	209			X	Ramos Jiménez Esteban	CENAPRED			erj@cenapred.unam.mx
228	693		X		Ramos Leal José Alfredo	IPN	CIIDIR	Ingeniería y Tecnológica	
229	208	X	X	X	Randall Roberts John	UGTO			randall@redes.intl.com.mx
230	213	X		X	Rebollar Bustamante Cecilio J.	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	rebollar@cicese.mx
231	215	X	X	X	Reyes Dávila Gabriel Angel	UCOL	CICBAS	RESCO	gabrielr@cgc.icol.mx
232	595		X		Reyes Zamora César Alfonso	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	areyes@cicese.mx
233	221			X	Ripa Alsina Pedro	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	ripa@cicese.mx
234	717		X		Rocha Fernández José Luis	UVER	Ciencias Atmosféricas	Instrumentación Electrónica	abraxas@speedy.coacadec.uv.mx
235	482	X			Rodríguez Castillo Ramiro	UNAM	Geofísica	Recursos Naturales	rrdz@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
236	579		X	X	Rodríguez González Miguel	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	mrod@gea.ingen.unam.mx
237	225		X		Rodríguez Ramírez Joel	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	joel@cicese.mx
238	698		X		Rodríguez Zúñiga José Luis	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	Coordinación de Geofísica	sanj@mpsnet.com.mx
239	497	X	X		Romero Espejel J.G. Héctor	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	hromero@cicese.mx
240	560	X			Romero Pascu' Mercedes	UCM	Ciencias de la Tierra	Geofísica	romero@eucmos.sim.ucm.es
241	218	X	X	X	Romo Jones Jose Manuel	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	jromo@cicese.mx
242	475	X		X	Ronquillo Jarillo Gerardo	IMP	Estudios Geológicos	Investigación Sismológica	gerardo@orion.expl.imp.mx
243	611	X			Rosales Alvarez Julio	CFE	Campo Geotérmico Cerro Prieto	Exploración	
244	610	X			Rosales Grano Pedro	SEP	Tecnológico del Mar	Investigación	
245	575	X			Rosas Elguera José	UDG	Ciencias de la Tierra		jrosas@quantum.ucting.udg.mx
246	708			X	Royo Ochoa Miguel	UACH	Posgrado	Ingeniería	mroyo@seidel.fing.uach.mx
247	639	X			Rubio Culebras Eduardo	CSIC	Ciencias de la Tierra	Geofísica	erubio@ja.csic.es
248	242	X	X	X	Sabina Ciscar Federico	UNAM	IIMAS	Matemáticas y Mecánica	fjs@uxnym1.iimas.unam.mx
249	228		X		Saldaña Flores Ricardo	IIE	Geotermia	Fuentes No Convencionales	rsf@p.ile.org.mx
250	472	X			Saldivar Medina Eric	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	Ingeniería Química	
251	607			X	Salinas Prieto José Antonio	IMTA	Hidrología	Hidrometeorología	jsalinas@talin.imta.mx
252	712		X		Sánchez Gómez Rubén	UDG	CUCUI	Física Matemáticas	rubens@udgserv.cencar.udg.mx
253	226	X	X		Sánchez Moncló Alfredo	IMP		Exploración y Producción	alfredo_sanchez@hotmail.com
254	227		X		Sánchez Zamora Osvaldo	UNAM	Geofísica	Sismología	osvaldo@olin.igeofcu.unam.mx
255	241	X			Santamaría Saldaña Dora Elva	CFE			
256	527	X		X	Sarmiento López Citlali	IMP	Proceso Registros Geofísicos		
257	230	X	X	X	Schaaf Peter	UNAM	Geofísica	Exploración Geofísica	pschaaf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
258	727		X		Schultz David M.	NSSL	NOAA		schultz@nssl.noaa.gov
259	284			X	Shumilin Eugeny	IPN	CICIMAR	Oceanología	eshumili@vmredipn.ipn.mx
260	233		X	X	Silva García José Teodoro	IPN	CIIDIR	COFAA	tsilva@vmredipn.ipn.mx
261	1	X	X	X	Singh Shri Krishna	UNAM	Geofísica	Sismología	krishna@olin.igeofcu.unam.mx
262	232		X	X	Skiba Yuri N.	UNAM	Ciencias de la Atmósfera		skiba@servidor.unam.mx
263	512		X		Soler Archalde Ana María	UNAM	Geofísica	Geomagnetismo	anesoler@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
264	235	X	X	X	Steinich Birgit	UNAM	UNICIT/Geología	Hidrogeología	birgit@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
265	519	X	X		Stock Joanne M.	CALTECH	Seismology		jstock@gps.caltech.edu
266	634	X			Suárez Arriaga Mario Cesar	CFE	Exploración	Modelado Matemático	geoexpl@morelia.teesa.mx
267	231		X	X	Suárez Plascencia Carlos	UDG	CUCSH	Geografía y Ordenación Terr.	csuarez@udgserv.cencar.udg.mx
268	515	X			Suárez Reynoso Gerardo	UNAM	Geofísica	Sismología	gerardo@olin.igeofcu.unam.mx
269	236	X			Suárez Vidal Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	tsuarez@cicese.mx
270	502	X			Sutler Cargnelutti Max	UNAM	Geología	Estación Regional del Noroeste	sutlermax@aol.com.us

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 1999 (continuación)

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
181	619	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
182	608	1300, 30th, A1-24		Boulder	CO.	USA	80303	
183	439	Av. Delfín Madrigal #665	Pedregal de Santo Domingo	México	D.F.	México	04360	
184	160	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
185	434	Nogueira #1		Jalapa	Ver.	México	91000	
186	176	Zona Universitaria s/n	Ciudad Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91090	136
187	177	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
188	670	Apdo. Postal 592		La Paz	B.C.S.	México	23000	
189	609	Boulevard Las Plazas #75	F. Las Plazas	Guaymas	Son.	México	85430	
190	181	Targanitos #1		Guanajuato	Gto.	México	36000	
191	696	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
192	182	Apdo. Postal 96-B		Puerto Vallarta	Jal.	México		
193	183	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
194	452	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
195	455	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
196	714	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
197	568	Carret. Cerro Prieto Km. 8	Hacienda de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
198	568	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
199	665	Campus Eliseos #345, Piso 16	Polanco	México	D.F.	México	11550	
200	652	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-472
201	466	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
202	713	Carret. al Ajusco #203	Héroes de Padierna	México	D.F.	México	01400	
203	191	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
204	549	Km. 2.35 Camino al Tular	Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
205	189	Lic. Angel Compers #65	Dr. Miguel Silva	Morelia	Mich.	México	58120	
206	190	El Greco #5181		Zapopan	Jal.	México	45020	
207	201	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
208	205	Ciudad Universitaria				Rep. Dominicana		
209	202	Apdo. Postal No. 847	Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	847
210	66	Km. 2.35 Camino al Tular	Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
211	286	Manzana No. 72, Lote 1	Jardines de Morelos 5ª. Sección	Ecatepec	EdoMex	México		
212	706			Mazatlán	Sin.	México		
213	200	Zona Universitaria s/n	Ciudad Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91090	136
214	457	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2681
215	463	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
216	576	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
217	195	Santa María #214	Maninaco	Azcapotzalco	EdoMex.	México		
218	197	Km. 5.5 Carretera al Sur	Ciudad Universitaria	La Paz	B.C.S.	México	23000	19-B
219	250	Boulevard Cuauhtémoc #3078-16	Gabilondo	Tijuana	B.C.	México	22420	
220	671	Retorno Mango #1855	Inlonavit	La Paz	B.C.S.	México	23070	
221	207	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
222	674	PO Box 1136		Calexico	CA.	USA	92232	
223	638	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
224	496	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	
225	211	Apartado Postal #343		Ajijic	Jal.	México	45920	
226	212	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	21694
227	209	Av. Delfín Madrigal #665	Pedregal de Santo Domingo	México	D.F.	México	04360	
228	693	Av. Hornos #1003	Ampliación Indeco	Xoxocotlan	Oax.	México	71230	
229	208	Mineral de Valenciana #2	Marfil	Guanajuato	Gto.	México	36250	42
230	213	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
231	215	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	21694
232	595	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
233	221	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
234	717	Altamirano 99	Centro	Jalapa	Ver.	México	91000	628
235	482	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
236	579	Rio Bamba #674	Lindavista	México	D.F.	México		
237	225	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
238	698	Carret. al Ajusco #203	Héroes de Padierna	México	D.F.	México	01400	
239	497	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
240	560	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
241	218	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
242	475	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	Col. San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México	07730	
243	611	C. Pascualitos-Pescaderos Km. 26.5	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	
244	610	Km. 4, Carret. a Varadero Nacional	Sector Playitas	Guaymas	Son.	México	85425	742
245	575	Av. Revolución #1500	Sector Reforma	Guadalajara	Jal.	México	44410	
246	708	Priv. Altamirano #3511	Santo Niño	Chihuahua	Chih	México	31320	
247	639	Lluís Solé i Sabarís s/n			Barcelona	España	08028	
248	242	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	20726
249	228	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
250	472	Ganadería La Laguna #38	Jardines del Toreo	Morelia	Mich.	México		
251	607	Paseo Cuauhnahuac #8532	Progreso	Jiutepec	Mor.	México	62550	
252	712	M. García Barragán y Corregidora		Guadalajara	Jal.	México	44421	
253	226	Apdo. Postal 224, Oficina Correo		Cd. del Carmen	Camp.	México	24101	
254	227	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
255	241	Zaragoza #17	Tulyehualco	México	D.F.	México	16700	
256	527	Calle 42 #28	Tacubaya	Cd. del Carmen	Camp.	México		
257	230	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70472
258	727	1313 Halley Circle		Norman	OK.	USA	73069	
259	284	Apdo. Postal 592		La Paz	B.C.S.	México	23000	592
260	233	Justo Sierra #28		Jiquilpan	Mich.	México		
261	1	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
262	232	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
263	512	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
264	235	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
265	519	2824 Shakespeare Drive		San Marino	CA.	USA	91108	
266	634	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	7-31
267	231	Kilimanjaro #1727	Sector Independencia	Guadalajara	Jal.	México	44240	
268	515	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
269	236	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
270	502	1650 West Chimayo Place		Tucson	AZ.	USA	85704	

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 1999

No.	Miembro	97	98	99	Nombre	Institución	División o Instituto	Depto. o Facultad	E-mail
271	533			X	Talavera Mendoza Oscar	UAG	Ciencias de la Tierra		
272	705		X		Tapia Armenta Juan	IPN	CITEDI		jitapia@citedi.mx
273	249	X		X	Taran Yuri	UNAM	Geofísica	Vulcanología	taran@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
274	718			X	Téllez Duarte Miguel Angel	UABC			
275	245	X	X	X	Tereshchenko Irina E.	UDG	CUCEI	Física Matemáticas	itereshc@udgserv.cencar.udg.mx
276	532	X	X		Tolson Jones Gustavo	UNAM	Geología	Geología Regional	tolson@servidor.unam.mx
277	604	X	X	X	Torres Orozco Ernesto	UCOL	Oceanografía Física	Ciencias Marinas	etorres@cgic.ucol.mx
278	528	X	X		Trasviña Castro Armando	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	trasvi@cicese.mx
279	622	X	X	X	Urrutia Fucugauchi Jaime	UNAM	Geofísica	Lab. Paleomagnetismo	juf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
280	138	X	X	X	Valenzuela Wong Raúl	UNAM	Geofísica	Sismología	raul@olin.igeofcu.unam.mx
281	531			X	Valle Levinson Arnoldo	OLD DOMINION U	Center for Coastal Physical O		arnoldo@ccpo.odv.edu
282	254	X	X	X	Vázquez González Rogelio	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	rvazquez@cicese.mx
283	695		X	X	Vázquez Jaimes María Elena	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	
284	725		X		Vega Granillo Ricardo	USON	Geología		rickvega@geologia.uson.mx
285	545	X			Velasco Climaco Neclor	IMP			nvelasco@cicese.mx
286	546			X	Venegas Salgado Saúl	CFE	Geotermia	Proyectos Geotermoelectricos	cfeinf@mail.giga.com
287	543	X		X	Verma Jaiswal Mahendra Pal	IIE	Geotermia		
288	171	X			Victoria Morales Alfredo	UNAM	Ingeniería	Ingeniería	victoria@servidor.unam.mx
289	540	X	X	X	Vidal Villegas Antonio	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	vidalv@cicese.mx
290	547	X	X		Villanueva Urrutia Elba Elsa	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Teoría del Clima y Predicción	eevu@mvica.atmosfcu.unam.mx
291	648	X			Villegas García Cesar José	SCINTREX	Servicios Geofísicos Especializado	Consultor Geofísico	cvillega@intercable.net
292	255	X			Villicaña Cruz Francisco Javier	UNAM	Ciencias de la Atmósfera		
293	259	X	X	X	Wong Ortega Victor	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	vwong@cicese.mx
294	376	X	X	X	Yussim Guarneros Sergio	UNAM	Geología	Geología Regional	yussim@servidor.unam.mx
295	262	X	X		Zárate Del Valle Pedro F.	UDG	Ciencias de la Tierra	Civil y Topografía	pzarate@quantum.ucting.udg.mx
296	707		X		Zárate Vázquez María	UNAM		Ingeniería	mariaz@servidor.unam.mx
297	93		X		Zavala Jorge	UNAM			igs@servidor.unam.mx
298	261	X	X	X	Zobin Vyacheslav M.	UCOL	Observatorio Vulcanológico		vzobin@cgic.ucol.mx

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 1999 (continuación)

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
271	533	Apdo. Postal 197		Taxco	Gro.	México		197
272	705	Av. del Parque #1310	Mesa de Olay	Tijuana	B.C.	México	22510	
273	249	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
274	718	Km. 106 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	
275	245	Río Autlan #2180-34	Altas	Guadalajara	Jal.	México	44421	
276	532	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	99074
277	604	Constitución #37	Morelos	Manzanillo	Col.	México	28217	
278	528	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
279	622	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
280	138	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
281	531	768 52nd St		Norfolk	Vi.	USA	23529	
282	254	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
283	695	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
284	725	Bld. Transversal y Rosales	Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	
285	545	Calle 42 #28	Tacubaya	Cd. del Camen	Camp.	México		
286	546	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	
287	543	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
288	171	Luis Martínez del Campo #39	Romero de Terreros	México	D.F.	México	04310	
289	540	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
290	547	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
291	648	Sierra Nevada #207	Villas del Valle	Garza García	N.L.	México	66288	
292	255	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
293	259	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
294	376	Atotonilco #88	Felipe de Jesús	México	D.F.	México	07510	
295	262	Av. Revolución #1500	Sector Reforma	Guadalajara	Jal.	México	44410	4021
296	707	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
297	93	Parque del Conde #12	San José Insurgentes	México	D.F.	México	03900	
298	261	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	



UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.

REUNIÓN ANUAL 1999 Puerto Vallarta, Jal., México 25 - 29 de Octubre



La reunión anual de la UGM proporciona un foro donde los estudiantes, académicos y profesionales de las Ciencias de la Tierra presentan y discuten los resultados de la investigación que se realiza en o acerca de México, así como otros tópicos de interés actual para nuestra comunidad.

Las ponencias tendrán una duración de 15 minutos, incluyendo tiempo para discusión, en sesiones regulares y sesiones especiales sobre los siguientes temas:

- Ingeniería Sísmica
- Geofísica Matemática
- Geofísica de Exploración
- Tectónica
- Estratigrafía
- Geología Estructural
- Vulcanología
- Geoquímica
- Geohidrología
- Petrología
- Sismología
- Paleomagnetismo Terrestre
- Ciencias del Mar
- Ciencias de la Atmósfera
- Sensores Remotos
- Climatología
- Cambio Global
- Física Espacial
- Planetología

El formato del resumen está disponible vía Internet en la siguiente dirección: <http://www.ugm.org.mx>

Favor de enviar su resumen en disquete o por E-mail a:

Victor M. Frías Camacho
Geología/CICESE
Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada,
Ensenada, B.C., 22860, México
Tel: 01(61) 744-501 al 08, Ext: 26035
Fax: 01(61) 750-559
E-mail: ugm@cicese.mx

En caso de dificultad para enviar su resumen en el formato y forma mencionada, puede hacerlo por correo. No se aceptarán resúmenes enviados por FAX.

Fecha límite para recibir resúmenes - Agosto 21, 1999

Sede: Hotel Camino Real Puerto Vallarta
Puerto Vallarta, Jal., México

Reservaciones:

Tel: 01 (322) 15-000
Fax: 01 (322) 16-000

Inscripción	{	Miembros UGM o AGU	\$ 700.00
a la		No miembros	\$ 900.00
Reunión		Estudiantes	\$ 350.00
		Costo de resumen	\$ 120.00
		Membresía Investigador	\$ 300.00
		Membresía Estudiante	\$ 250.00

Costo por habitación doble o sencilla:
\$ 550.00 + impuestos y propinas (\$32.00 a bellboys entrada y salida y \$16.00 a camaristas por noche).

Registro en el hotel sede desde el 24 de Octubre a partir de las 16:00 hrs.

Para reservaciones llenar el formato anexo y enviar vía fax directamente al hotel.



UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.
REUNIÓN ANUAL 1999
25 – 29 de Octubre
HOTEL CAMINO REAL PUERTO VALLARTA

FORMA PARA RESERVACIÓN

Enviar este formato de reservación directamente al Hotel Camino Real Puerto Vallarta al Fax:
(322)16000.

Nombre del participante: _____
Fecha de llegada: _____ Fecha de salida: _____
Dirección: _____ Ciudad: _____
Teléfono: _____ Fax: _____

TARIFA ESPECIAL: Torre Principal () \$550.00 + IVA + 2% impuesto hospedaje

Cargos adicionales, que serán cargados a su cuenta individual:

Propina a Botones \$32.00 pesos por persona, por entrada y salida

Propina a Camaristas \$16.00 pesos por habitación por noche

Se ha bloqueado un determinado número de habitaciones con el precio antes mencionado, por lo que para asegurar la disponibilidad, se les recomienda hacer su reservación a la brevedad posible.

HOTEL CAMINO REAL PUERTO VALLARTA
PLAYA LAS ESTACAS S/N
PUERTO VALLARTA, JAL., MÉXICO, 48300
TEL.: (322)15000 FAX: (322)16000



SERVICIO ANALÍTICO DEL LABORATORIO DE RAYOS X
INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM
LISTA DE PRECIOS 1997-98



RESPONSABLE: QUÍM. RUFINO LOZANO SANTA CRUZ
DEPTO DE GEOQUÍMICA
Cd. Universitaria, C.P. 04510, México, D.F.
Fax: (5)622-4317
E-mail: rufino@servidor.unam.mx

FLUORESCENCIA DE RAYOS X
ANÁLISIS CUANTITATIVO DE ROCA TOTAL Y DE MINERALES
(ESPECTRÓMETRO SECUENCIAL SIEMENS 3000 AUTOMATIZADO)

25 Elementos Mayores y Traza

(Si, Ti, Al, Fe total, Mn, Mg, Ca, Na, K, P, Rb, Sr, Ba, Y, Zr, Nb, Ga, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Sc y Th) + (Pérdida por calcinación)

Precio Comercial	\$480.00/muestra (60 USCy)
Instituciones de Investigación	\$320.00/muestra (40 USCy)
Precio por muestras urgentes en lotes de <20	\$720.00/muestra
Muestras de difícil proceso (carbonatos, arcillas, sulfuros >2%)	\$100.00 por hora adicional preparación

10 Elementos Mayores y Pérdida por Calcinación o 15 Elementos Traza

Precio Comercial	\$260.00/muestra
Instituciones de Investigación	\$180.00/muestra

Determinaciones Complementarias

Pérdida por calcinación	\$60.00/muestra
Fe ⁺²	\$80.00/muestra
Análisis semicuantitativo reportando hasta 62 elementos	\$220.00/muestra

ANÁLISIS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X
IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES CRISTALINOS
(DIFRACTÓMETRO PHILIPS)

Tiempo de Haz	\$160.00/hora
Tiempo de Haz con nuestro operador	\$320.00/hora

Favor de enviar las muestras y la solicitud de servicio a:
Rufino Lozano y/o Patricia Girón
Instituto de Geología, UNAM
Laboratorio de Rayos X
Circuito de la Investigación Científica
Cd. Universitaria, D.F., 04510, México
Tel.: (5) 622-4319

Nota: Sin la solicitud de análisis y la lista de muestras no se iniciará ningún estudio.
Las muestras deberán ser enviadas en polvo molido (al menos 20 g), aproximadamente a 200 mallas, en caso de requerir del uso del taller de molienda del IGLUNAM, el cargo será de \$75.00/hora.



Posgrado

Maestría y Doctorado

en Ciencias de la Tierra

GEOLOGÍA

Geología Estructural
Geología Marina
Geocronología
Vulcanología
Estratigrafía
Petrología
Tectónica
Geoquímica
Sensores Remotos

GEOFÍSICA APLICADA

Exploración Geofísica
Simulación Numérica
Problemas Inversos
Electromagnetismo
Geofísica Marina
Geohidrología

SISMOLOGÍA

Estudios de Microsismicidad
Peligro y Riesgo Sísmico
Problemas Inversos
Sismología Teórica
Fuentes Sísmicas
Sismotectónica

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

Para mayores informes dirigirse a:

CICESE

Dirección de Estudios de Posgrado
Apartado Postal 2732

Km. 107 Carretera Tijuana-Ensenada

Ensenada, Baja California

C.P. 22860, México

Tel. 01(61)745-050 Ext. 23001

Fax: 01(61)744-880

<http://www.cicese.mx>



INSTITUTO DE GEOFÍSICA
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA
INSTITUTO DE GEOLOGÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN
MATEMÁTICAS APLICADAS Y EN SISTEMAS
CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA
FACULTAD DE CIENCIAS
FACULTAD DE INGENIERÍA



La Universidad Nacional Autónoma de México, a través de estas entidades, ofrece estudios de maestría y doctorado en el marco del programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, comprendiendo más de 50 líneas de investigación bajo la dirección de más de 120 tutores que estudian diferentes campos del conocimiento como:

Aguas Subterráneas
Estratigrafía
Exploración
Física de la Atmósfera
Física del Interior de la Tierra
Física Espacial
Geología Ambiental

Geología Estructural y Tectónica
Geoquímica y Petrología
Modelación Matemática y
Computacional de Sistemas Terrestres
Sismología
Vulcanología

SEDE

La sede del Posgrado se ubica en Ciudad Universitaria en la Cd. de México, aunque también pueden realizarse estudios de posgrado en las Unidades Regionales ubicadas en los Campus Juriquilla, Querétaro y Hermosillo, Sonora.

BECAS

Los estudiantes aceptados al Posgrado en Ciencias de la Tierra podrán aspirar a obtener una beca a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, de la propia Universidad Nacional Autónoma de México, de la Secretaría de Relaciones Exteriores, de dependencias diversas de Intercambio Académico, de las embajadas de México en el extranjero, del Consorcio de Instituciones Latinoamericanas de Posgrado e Investigación, de la Secretaría de Educación Pública a través de sus programas PROMEP y SUPERA, de la Organización de Estados Americanos y del Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

INFORMES E INSCRIPCIONES

COORDINACIÓN DEL POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM
CD. UNIVERSITARIA, CIRCUITO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, 04510, MÉXICO, D.F.
TELS.: 52 (5) 622-4130, 622-4137 FAX: 52 (5) 622-4097
E-mail: coord@anahuac.igeofcu.unam.mx
<http://nundehui.igeofcu.unam.mx/posgrado.html>



Maestría y Doctorado en Ingeniería Hidráulica



La División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM ofrece cursos de maestría y doctorado en Ingeniería Hidráulica en sus instalaciones de Progreso, Morelos, México.

Las asignaturas que se imparten son, entre otras:

Hidráulica General
Métodos Matemáticos
Mecánica de Fluidos
Hidrología de Superficie

Irrigación y Drenaje
Geohidrología
Métodos Numéricos
Obras Hidráulicas

La maestría y el doctorado están dirigidos a egresados de Ingeniería Civil, Ciencias Agropecuarias y carreras afines. Estos cursos están apoyados por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua a través de becas, biblioteca, computadoras y laboratorios.

Informes al Tel. (73) 194-049 o 194-000, Ext. 532 con el Dr. Alvaro Muñoz en Paseo Cuaunáhuac #8532, Progreso, Morelos, México. C.P. 62550.

ASOCIACIÓN GEOTÉRMICA MEXICANA

El pasado 12 de noviembre, en el seno de la Reunión Anual 1998 de la Unión Geofísica Mexicana, A.C., la Asociación Geotérmica Mexicana (AGM) renovó su Consejo Directivo, el cual quedó integrado por las siguientes personas:

Presidente:	M.C. José Manuel Romo Jones Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE
Vicepresidente :	M.C. José Antonio Sampedro García Instituto de Ingeniería, UABC
Secretario:	Dr. Benjamín Valdéz Salas Instituto de Ingeniería, UABC
Tesorero:	M.C. Alfonso Aragón Aguilar Depto. de Geotermia, IIE
Pro-secretario:	Dra. Georgina Izquierdo Montalvo Depto. de Geotermia, IIE
Pro-tesorero:	Dr. Mahendra Pal Verma Depto. de Geotermia, IIE

quienes estarán en funciones durante los próximos dos años.

M.C. José Manuel Romo Jones
Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE
E-mail: jromo@cicese.mx

M.C. José Sampedro García
Instituto de Ingeniería, UABC
E-mail: sampedro@csiam1.mx1.uabc.mx

Dr. Benjamín Valdéz Salas
Instituto de Ingeniería, UABC
E-mail: salas@csiam1.mx1.uabc.mx

Dra. Georgina Izquierdo Montalvo
Depto. de Geotermia, IIE
E-mail: gim@iie.org.mx

M.C. Alfonso Aragón aguilar
Depto. de Geotermia, IIE
E-mail: aaragon@iie.org.mx

Dr. Mahendra Pal Verma
Depto. de Geotermia, IIE
E-mail: mahendra@iie.org.mx



ASOCIACION
GEOTÉRMICA
MEXICANA

ASOCIACIÓN GEOTÉRMICA MEXICANA

La Asociación Geotérmica Mexicana (AGM) es una sociedad civil, no lucrativa, formada por profesionistas dedicados a los diversos aspectos relacionados con el aprovechamiento de la energía geotérmica. Fue fundada en 1992 para reforzar la colaboración académica, científica, industrial y tecnológica entre la comunidad geotérmica nacional y entre sus nexos internacionales. Su objetivo es difundir y promover las actividades de investigación, desarrollo y explotación de la energía geotérmica en México y en el extranjero, estableciendo un foro de análisis y discusión que permita intercambiar los conocimientos y experiencias de sus miembros. La AGM agrupa especialistas en diversas disciplinas, como: Física, Geología, Geoquímica, Geofísica, Ingeniería de Yacimientos, Ingeniería Industrial, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica, etc. Actualmente es una organización miembro de la International Geothermal Association (IGA). La Asociación Geotérmica Mexicana, invita a todos los profesionales y académicos relacionados con la Geotermia, a formar parte de nuestra asociación, contribuyendo así al fortalecimiento de nuestra comunidad.

INSTRUCCIONES PARA AUTORES DE ARTÍCULOS

POLÍTICA EDITORIAL

GEOS es el boletín informativo de la Unión Geofísica Mexicana. Se publica trimestralmente y en él caben artículos y notas de investigación, comentarios, noticias opiniones, anuncios y aspectos relevantes para la vinculación y difusión de las actividades científicas y docentes de las Ciencias de la Tierra. Los manuscritos de investigación publicados en *GEOS* deberán ser originales y podrán estar relacionados con cualquier área de las Ciencias de la Tierra, donde son particularmente bienvenidas todas aquellas contribuciones que coadyuven a su enseñanza.

Para facilitar su arbitraje, todos los manuscritos de investigación sometidos a *GEOS* deberán ser enviados en original y dos copias, escritos a doble espacio con un tipo de 12 puntos. Todas las contribuciones deberán ser sometidas en Español y dirigidas al Editor de *GEOS*. Si el manuscrito sometido es relevante, el Editor Principal lo enviará a un miembro del Comité Editorial del boletín, quien seleccionará dos o tres especialistas para revisar el manuscrito. Los revisores remitirán sus comentarios al editor de área, quien los enviará al Editor Principal, junto con su recomendación. El Editor Principal puede rechazar, aceptar, o solicitar modificaciones al manuscrito, para lo cual remitirá a los autores los comentarios de los revisores y del editor de área.

Publicar en *Geos* es gratis, sin embargo, se recomienda que los manuscritos no excedan 12 páginas en el formato de la revista (una página es equivalente a aproximadamente 3 cuartillas a doble espacio). Todas las contribuciones deberán incluir: título, resumen, introducción, una sección de métodos, una sección de resultados y una sección de discusión y conclusiones.

Cuando el autor reciba la notificación de aceptación, se le solicitará que envíe su manuscrito en disquette. Sugerimos que se utilicen los procesadores de textos **WORD** o **WORD PERFECT**, aunque también se aceptarán en **ASCII**. Las ilustraciones que acompañen el manuscrito podrán ser enviadas en disquette, en cualquiera de los siguientes formatos: **TIF**, **EPS**, **BMP**, **PS**, **DXF**, **DWG** y **WMF**.

Si se desean sobretiros, el autor responsable deberá mencionarlo al editor al enviar la versión final de su artículo. Los sobretiros serán pagados por el autor, arazón de \$3.00 M.N. la página.

RESUMEN

Al preparar su resumen tome en cuenta que éste deberá marcar los objetivos de la investigación, los resultados más importantes y las conclusiones alcanzadas. En el resumen no se deberán incluir citas bibliográficas.

INTRODUCCIÓN

En la introducción se deberá presentar la naturaleza del problema, incluyendo una revisión adecuada de los antecedentes sobre el tema. El objetivo de la introducción es enmarcar el problema dentro del estado general del conocimiento en el área que le corresponde, y su función es la de motivar al lector en cuanto a la importancia del trabajo.

METODOLOGÍA

La metodología empleada en el trabajo deberá ser descrita con suficiente detalle, para que otros miembros de la comunidad puedan asimilar la metodología presentada. Secciones de interés marginal deberán ser diferidas a un apéndice.

RESULTADOS

Usualmente, los resultados de la aplicación de cualquier metodología, pueden ser presentados en forma de tablas o figuras. Evite la redundancia mediante una adecuada selección de sus resultados. Los pies de figura deberán ser lo suficientemente explicativos para resaltar la importancia de los resultados sin necesidad de referirse al texto.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Esta sección deberá incluir los principios, relaciones y generalizaciones inferidas a partir de los resultados. En esta sección se discutirán acuerdos y desacuerdos con trabajos publicados previamente, así como las implicaciones teóricas y las aplicaciones prácticas del trabajo.

REFERENCIAS

Todas las referencias deberán ser agrupadas en orden alfabético de autores. Si un autor es referenciado más de una vez el mismo año, utilice el sufijo, a, b, etc. para distinguir referencias. Aquellos manuscritos que no han sido aceptados para publicación no deberán incluirse en las referencias. Solamente cuando el manuscrito sea de divulgación, se permitirá utilizar referencias no citadas en el texto.

Formato para citas

Para cada autor o co-autor, escriba con mayúscula únicamente la primera letra de los apellidos y después las iniciales. Utilice letras mayúsculas sólo en la primera letra del título y para los nombres propios. Incluya el nombre completo de la revista o editorial que la publicó, volumen y páginas. Por ejemplo:

Alvarez-Borrego, S., 1996, Satellite derived photosynthetic pigment surveys: A review of marine phytoplankton biomass and productivity, *Geofísica Internacional*, v. 35, p. 51-61.

Lomnitz, C., 1995, Diez años después: Una reinterpretación de la catástrofe de 1985, en: F. Medina-Martínez, L. A. Delgado-Argote y G. Suárez-Reynoso, editores, *La Sismología en México: 10 años después del temblor de Michoacán del 19 de Septiembre de 1985 (M=8.1)*, Unión Geofísica Mexicana, Monografía No. 2, 61-67.

Ripa, P., y Velázquez, G., 1993, Modelo unidimensional de la marea en el Golfo de California, *Geofísica Internacional*, v. 32, p. 41-56.

Sánchez-Sesma, F.J., and Luzón, F., 1994, Seismic response of three-dimensional alluvial valleys for incident P, S, and Rayleigh waves, *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 85, p. 269-284.

Winkler, H.G.F., 1967, *Petrogenesis of metamorphic rocks*, 2nd ed., Springer-Verlag, New York, 237 p.

Unidades

Con algunas excepciones, todas las unidades físicas deberán expresarse en el Sistema Internacional de unidades (SI). Las siguientes excepciones son aceptables:

densidad en g/cm³

presión en bar

intensidad del campo magnético en gammas

Expresiones matemáticas

Escriba sus ecuaciones en la forma más simple posible, utilizando signos de puntuación. Utilice itálicas para todos los símbolos, exceptuando las letras griegas. Vectores y matrices se escribirán con tipo resaltado. Numere en forma consecutiva y utilice paréntesis para todas las ecuaciones que aparezcan en el texto.

Figuras

Por consideraciones de costo, únicamente se publicarán figuras en blanco y negro. Si las ilustraciones son elaboradas a mano, utilice tinta negra sobre papel albanene o mylar. Si las ilustraciones son elaboradas en computadora utilice una impresora láser.

Una vez concluido el proceso de arbitraje, el manuscrito será devuelto al primer o único autor con los comentarios de los árbitros y del editor. El manuscrito corregido en forma final será editado por el Editor Técnico de **GEOS**. No se enviarán pruebas de galera.

Cualquier cambio a la política editorial de **GEOS** se publicará en el primer número del año.

GEOS



FORMA DE ARBITRAJE (cualquier tipo de trabajo)

AUTOR (ES): _____

TITULO: _____

	SI	NO	PARCIALMENTE
1.- ¿Contiene el trabajo datos o ideas originales que ameriten su publicación en una revista especializada?	☐	☐	☐
2.- ¿Como la clasificaría? 1) Investigación, 2) Divulgación, 3) Noticia	☒ 1	☒ 2	☒ 3
3.- ¿Son válidas las observaciones y conclusiones?	☐	☐	☐
4.- ¿Son pertinentes y comprensibles el título y el resumen?	☐	☐	☐
5.- ¿Son necesarias y adecuadas las tablas y figuras presentadas?	☐	☐	☐
6.- ¿Son buenas la organización y presentación del trabajo?	☐	☐	☐
7.- ¿Es correcto el lenguaje científico?	☐	☐	☐
Sugerencias al (los) autor (es):	☐	☐	☐
a) Indicadas en hoja aparte	☐	☐	☐
b) Anotadas sobre el manuscrito	☐	☐	☐
Recomendación al Editor:	☐	☐	☐
a) El trabajo es aceptable en su forma actual	☐	☐	☐
b) El trabajo es aceptable con correcciones menores	☐	☐	☐
c) El trabajo puede ser aceptable después de ser corregido y evaluado de nuevo	☐	☐	☐
d) Comentarios confidenciales al editor en hoja aparte	☐	☐	☐

NOMBRE Y FIRMA
(opcional)

**Recordamos a todos los miembros de la Unión Geofísica Mexicana, A.C.
que la cuota para 1999 es de \$300.00 para investigadores
y \$250.00 para estudiantes.**

página internet: www.ugm.org.mx

Favor de hacer llegar su cuota a:

María Guadalupe Martínez Vázquez
Depto. de Geología,
División de Ciencias de la Tierra,
CICESE
Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada,
Ensenada, 22860, Baja California, México

Araceli Chaman
Depto. de Posgrado,
Instituto de Geofísica,
UNAM
Cd. Universitaria, Delegación Coyoacán,
04510, México, D.F.

Con un cordial saludo

**Luis A. Delgado Argote
Secretario de Difusión**

GEOS

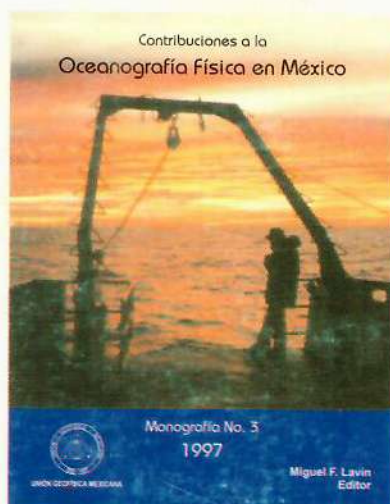
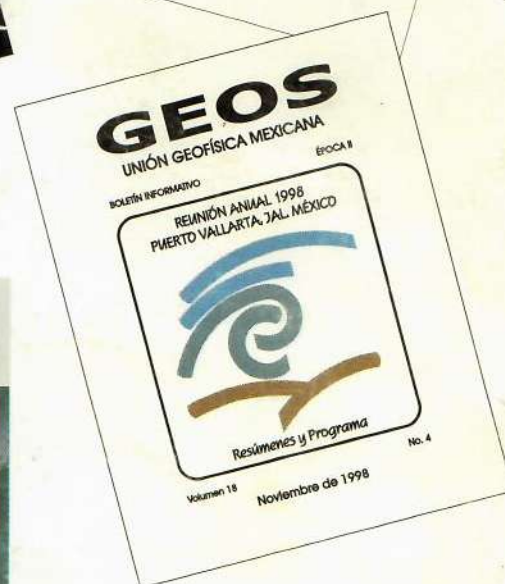
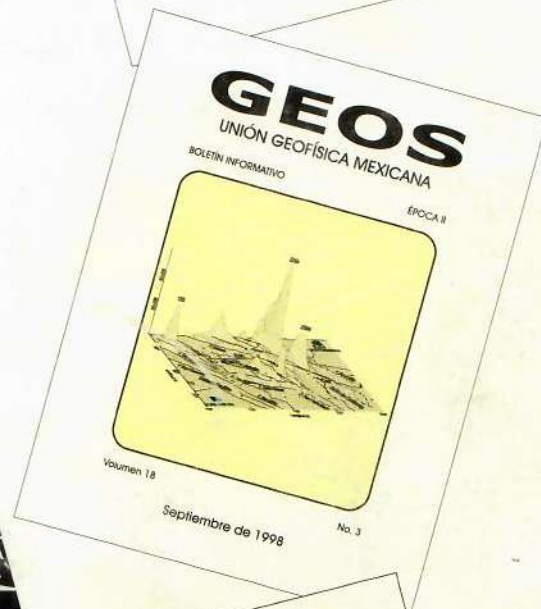
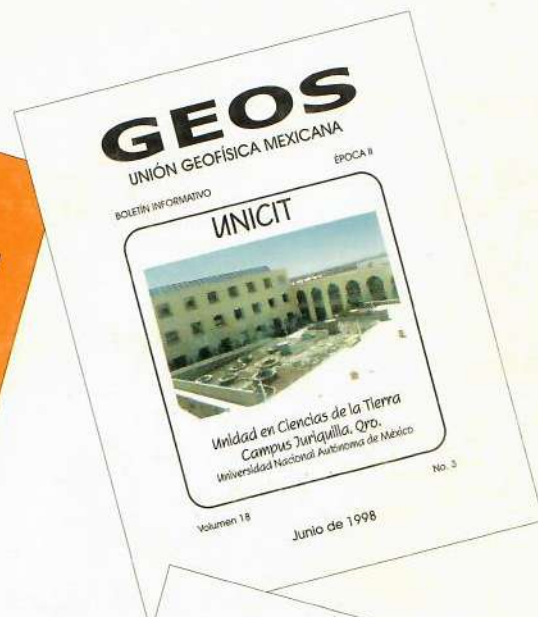
Revista a la venta con:

Costo del ejemplar \$60.00

María Guadalupe Martínez Vázquez
Depto. de Geología,
División de Ciencias de la Tierra
Tel: 01(61)744-501 al 08
Ext: 26035
E-mail: gmartine@cicese.mx

Araceli Chaman
Depto. de Posgrado
Instituto de Geofísica
Tel: 01(5) 622-4130 y 622-4137
E-mail: achaman@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx





Tus trabajos de investigación y divulgación tienen cabida en estos foros de la Unión Geofísica Mexicana, A.C.